
Aus der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie
Geschäftsführender Direktor Prof. Dr. med. Hinnerk Wulf
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

In Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Marburg

Prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie zur Messung der Halswirbelsäulenreklination bei der Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation mittels konventioneller Laryngoskopie und Videolaryngoskopie

Eine klinische Videomotionanalyse der Halswirbelsäule mit präklinischem Bezug



Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von

Joachim Riße aus Bonn-Beuel

Marburg 2011

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am 29.06.2011.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. Matthias Rothmund

Referent: Prof. Dr. Hinnerk Wulf

1.Korreferent: Prof. Dr. Afshin Teymoortash

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Bedeutung der Intubation zur Atemwegssicherung in der Notfallmedizin	1
1.2	Die Halswirbelsäule: Aufbau und physiologisches Bewegungsmuster	2
1.3	Die Halswirbelsäule: Bewegung während der direkten Laryngoskopie	4
1.4	Airway Management bei Halswirbelsäulentrauma: Historie und aktuelle Fragen	6
1.5	Alternative Intubationstechniken bei HWS-Trauma: Die Videolaryngoskopie	10
2	Fragestellung und Zielsetzung	16
3	Material und Methodik	17
3.1	Ein- und Ausschlusskriterien	17
3.2	Versuchsaufbau	17
3.3	Studienablauf	24
3.4	Statistische Verfahren	29
4	Ergebnisse	30
4.1	Patientenkollektiv	30
4.2	Intubationszeiten und Intubationserfolg	34
4.3	Maximale Reklinationswinkel	36
4.3.1	Hauptwinkel Alpha	38
4.3.2	Referenzwinkel Delta, Beta und Gamma	39
4.3.3	Auswirkung der Berufserfahrung	39
4.3.4	Kernergebnis maximale Reklinationswinkel	40
5	Diskussion	42
5.1	Bewertung der Ergebnisse	42
5.2	Methodenkritik	42
5.3	Diskussion der Ergebnisse im Kontext der Literatur	46
5.4	Zusammenfassende Bewertung	54
5.5	Schlussfolgerung und Ausblick	55

Inhaltsverzeichnis

6	Zusammenfassung	56
6.1	Deutsche Zusammenfassung	56
6.2	Englische Zusammenfassung	57
7	Anhang	58
7.1	Ergebnistabelle	58
7.2	Literaturverzeichnis	59
7.3	Abbildungsverzeichnis	65
7.4	Lebenslauf	67
7.5	Verzeichnis der akademischen Lehrer	69
7.6	Danksagung	71
7.7	Widmung	71
7.8	Erklärung	72

1 Einleitung

1.1 Bedeutung der Intubation zur Atemwegssicherung in der Notfallmedizin

Die Atemwegssicherung stellt eine zentrale Maßnahme in der Notfallmedizin dar, um jederzeit eine ausreichende Oxygenierung zu gewährleisten. In der Notfallmedizin ist die Intubation auf Grund des meist kritischen Patientenzustands, den häufig eingeschränkten Umgebungsbedingungen und den oft unzureichenden und unterschiedlichen Erfahrung der Beteiligten stets risikobehaftet. So lässt sich in der Notfallmedizin primär jeder Atemweg als „schwieriger Atemweg“ charakterisieren. Eine sichere Anamnese zu früheren Eingriffen bzw. assoziierten Schwierigkeiten und der klinische Befund der anatomischen Verhältnisse sind meist nur unzureichend möglich. Der Zeitpunkt der Maßnahme wird vom Patientenzustand vorgegeben und muss an nahezu jedem Ort erfolgen können. Die Möglichkeiten der Hinzuziehung von Expertenhilfe ist präklinisch nahezu unmöglich. Die Indikationsstellung zur Atemwegssicherung bzw. Intubation erfolgt oftmals während progredienter Hypoxie. Somit ist die Möglichkeit zur Präoxygenierung für eine Überbrückung von Apnoephasen in klinisch bedeutsamen Maße eingeschränkt. Viele Patienten befinden sich auch kardiozirkulatorisch in einem instabilen Zustand, wodurch eine für die Narkoseeinleitung gegebenenfalls notwendige Analgosedierung zusätzlich risikobehaftet ist. Notfall- und Intensivpatienten gelten alle in der Regel als nicht-nüchtern, so dass prinzipiell die Indikation für eine „Rapid-Sequence-Induction“ zur Vermeidung einer Aspiration besteht. Das Umfeld, in der die notwendige Intervention durchgeführt werden muss, erlaubt vor allem präklinisch nur selten die optimierte Lagerung des Patienten, auch im Verhältnis zum intubierenden Arzt: enge räumliche Verhältnisse und unzureichende ergonomische Bedingungen können hier die direkte Laryngoskopie und Intubation bisweilen unmöglich machen. Bei bestehender Indikation zur Intubation müssen zur Beherrschung des möglichen schwierigen Atemwegs Alternativen vorhanden sein. Als moderne, unterstützende Verfahren stehen hier die fiberoptische Wachintubation und die Videolaryngoskopie zur Verfügung.

Ein spezieller Fall für eine solche schwierige Atemwegssicherung in der Notfallmedizin ist die Intubation bei Patienten mit vermutetem Halswirbelsäulentrauma.

Bei polytraumatisierten Patienten ist im Rahmen der präklinischen Notfallversorgung keine Diagnostik zum Ausschluss einer Halswirbel-Traumatisierung möglich, so dass bei einem Unfallmechanismus mit möglicher Beteiligung der Halswirbelsäule (z.B. jegliches Akzelerations- bzw. Dezelerationstrauma) zunächst von einer entsprechenden Verletzung ausgegangen werden muss. Aus diesem Grund soll eine notwendige Intubation in diesem Fall immer ohne Reklination bzw. Überstrecken des Kopfes durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise führt aber häufiger zu einer schwierigeren oder sogar unmöglichen direkten Laryngoskopie. Alternative Intubationstechniken, wie die Videolaryngoskopie können hier zu einer Verbesserung führen. Durch ihren Einsatz ist in diesem Falle des schwierigen Atemwegs keine direkte Sicht auf die Glottis nötig und dies führt so möglicherweise zu besseren Sichtverhältnissen und somit zu besserem Intubationserfolg, bei zugleich geringerer Halswirbelsäulenbewegung.

1.2 Die Halswirbelsäule: Aufbau und physiologisches Bewegungsmuster

Die Halswirbelsäule lässt sich grob einteilen in einen oberen Abschnitt, der aus Hinterhaupt (Occiput) und den ersten beiden Wirbelkörpern C1 (Atlas) und C2 (Axis) besteht und in einen unteren, subaxialen Abschnitt mit den Wirbelkörpern C3 bis C7. Der obere Abschnitt unterscheidet sich sowohl funktionell als auch anatomisch vom subaxialen restlichen Abschnitt der Halswirbelsäule. Der Atlas stellt die Verbindung zwischen Schädel und Halswirbelsäule her. Der Atlas hat keinen Wirbelkörper. Der linke und rechte Massa lateralis gewährleistet die mechanische Festigkeit vom ersten Halswirbel. Die beiden Facies articularis anterior bilden mit den Kondylen des Hinterhaupts des Schädels das Atlanto-occipital-Gelenk. Der zweite Halswirbel, genannt Axis, besitzt als herausragendes anatomisches Merkmal den Zapfen, Dens axis. Dieser bildet mit dem Arcus anterior des Atlas das mittlere Atlanto-axial-Gelenk. Zwischen erstem und zweitem Halswirbel besteht auf jeder Seite ein weiteres seitliches Atlanto-axial-Gelenk, das aus der Facies articularis inferior des Atlas und der Facies articularis der Querfortsätze des Axis gebildet wird. Flexions- und Extensionbewegung der Halswirbelsäule treten im oberen Abschnitt bei beiden Gelenken (Atlanto-occipital und Atlanto-axial) auf und somit kann insgesamt eine kombinierte

Bewegungsänderung von 24° im oberen Abschnitt erreicht werden.(34) Die Extension und Flexion wird hauptsächlich durch das Atlanto-occipital-Gelenk zugelassen, wobei das mittlere Atlanto-axial-Gelenk mit dem Dens axis für die Rotationsbewegung verantwortlich ist. Die Flexion im Atlanto-occipital-Gelenk wird limitiert durch den Kontakt zwischen dem Dens axis und der Vorderfläche des Foramen magnum. Die Extensionsbewegung wird limitiert durch die Tectorialmembran und durch die posterioren Anteile der Wirbelkörper C1 und C2. Die axiale Rotation und die seitliche Biegebewegung werden durch die paarigen Ligamenta alaria kontrolliert, wobei das linke Ligament die Bewegung nach rechts und das rechte Ligament die Bewegung nach links ab einem gewissen Grad einschränkt. Der untere Abschnitt der Halswirbelsäule besteht aus den Halswirbeln drei bis sieben (C3-C7). Anatomisch bestehen zwischen den Wirbeln drei bis sieben nur marginale Unterschiede. Sie haben klassischen Aufbau mit Wirbelkörper (Corpus vertebrae), Wirbelbogen (Arcus vertebrae), seitlichen Querfortsätzen (Processus transversi) und einem nach hinten gerichteten Dornfortsatz (Processus spinosus). Eine Besonderheit hat der 7. Halswirbel. Er besitzt einen nicht gespaltenen Dornfortsatz, der unter dem Hautniveau leicht zu tasten ist und somit auch Vertebra prominens genannt wird. Ein weiteres Bewegungsausmaß von 66° zwischen Extension und Flexion wird durch die Verbindungsgelenke zwischen den einzelnen Wirbelkörpern im subaxialen Abschnitt erreicht. Hier haben am Bewegungsumfang den größten Anteil Segmente C5-C7.(17, 70) Der Spinalkanal kann bei einem Trauma mit Dislokation von Wirbelkörpern oder Wirbelkörperfragmenten akut eingeengt werden, physiologisch wird aber auch die Größe des Spinalkanals mit Bewegung reduziert. Physikalisch ist der Spinalkanal als eine Säule mit einem fixen Volumen zu sehen. Wenn diese Säule verlängert wird, wird der Querschnitt verringert, und wenn sie verkürzt wird, wird ihr Volumen erhöht. Dieses Verhalten wird als der Poisson-Effekt bezeichnet.

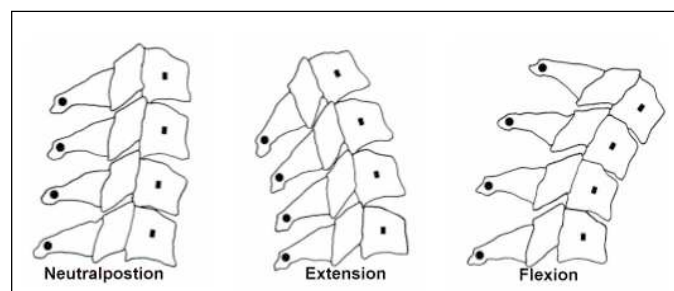


Abb. 1: Schematische Darstellung; Halswirbelsäulenbewegung und der „Poisson Effekt“:

Stauchung und Einengung des Rückenmarks bei Dehnungsbewegung unter Extension und Flexion

1.3 Die Halswirbelsäule: Bewegung während der direkten Laryngoskopie

Die Standardposition bei der direkten Laryngoskopie ist die angehobene Reklination, bezeichnet auch als Jackson-Position oder auch „sniffing position“^a. In der „sniffing position“ sind die orale-, die pharyngeale- und die laryngeale- Achse in einer Linie und erlauben somit die beste Sicht auf die Stimmlippenebene (Glottis). Der Kopf des Patienten wird hierzu auf einem Kissen in Neutralposition gelagert. Diese bedeutet für die Halswirbelsäule, dass sie unterhalb vom fünften Halswirbelkörper (C5) relativ gerade ist. Weiterhin weist die Halswirbelsäule dadurch eine leichte Flexion von den Wirbelkörpern C4 bis C2 aufwärts auf. Abschließend entsteht eine Verbindungslinie zwischen Mundhöhle, Pharynx, Larynx und Trachea durch Überstrecken des Kopfs. Dadurch wird eine annähernd maximale Extension im Occipito-atlanto-axial-Komplex verursacht.(17)

Die Frage, wie sich die direkte Laryngoskopie genau auf die Bewegung der Halswirbelsäule auswirkt, wurde von Sawin, P.D. *et al.* und Horton, W.A. *et al.* in zwei unabhängig voneinander geplanten, aber ähnlichen, Studien beantwortet. Beide Studien analysierten das Bewegungsmuster und die segmentalen Bewegungen der Halswirbelkörper während der Laryngoskopie unter Einsatz von seitlicher Durchleuchtung oder seitlichen Röntgenaufnahmen. Sawin, P.D. *et al.* kommt zu dem Ergebnis, dass durch die nötige Elevation des Kopfes zur Visualisierung des Larynx bei der direkten Laryngoskopie im oberen Abschnitt zwischen Occiput und dem Atlas eine Rotationsbewegung in der Sagittalebene entsteht. Der zweite Wirbelkörper bleibt annähernd in Neutralposition und im unteren Abschnitt der Halswirbelsäule entsteht eine milde Rotationsbewegung der Wirbelkörper C3 bis C5. Laut Sawin, P.D. *et al.* ist die Veränderung in dem Atlanto-occipitalen-Gelenk um 6,8° und im Atlanto-axialen Gelenk um 4,7° am deutlichsten zu beobachten [siehe Abb. 2].(60)

Horton, W.A. *et al.* gelangte zu ähnlichen Studienergebnissen. Im Atlanto-axial-occipital-Komplex war die Extension während der direkten Laryngoskopie annähernd maximal. Er verzeichnete jedoch im Gegensatz zu der Studie von Sawin, P.D. *et al.* auch eine erhöhte Beweglichkeit bis zum Wirbelkörper C4.(33)

^a Erstbeschreiber Chevalier Jackson im Jahre 1913

Übereinstimmend kann man festhalten, dass die größte zervikale Bewegung während der direkten Laryngoskopie die Segmente atlanto-occipital und atlanto-axial betrifft und die subaxialen Halswirbelsäulensegmente eher minimaler Bewegung ausgesetzt sind. Auch das Bewegungsspektrum der verletzten Halswirbelsäule unter direkter Laryngoskopie wurde bereits untersucht.(22, 40, 41) Donaldson, W.F. *et al.* zeigte an sechs menschlichen Leichen unter Durchleuchtung, dass nach zugefügter transoraler Osteotomie des Dens axis die Bewegung im Segment C1/ C2 bei nasaler und oraler Intubation gleich ist. Donaldson, W.F. *et al.* kam aber auch zu dem Ergebnis, dass die Maßnahmen vor der Laryngoskopie, wie Kinnheber und Kieferschub wesentlich mehr Bewegung im vorgeschädigten Segment zwischen C1 und C2 verursachen. Eine weitere Studie aus dem Jahre 1984 gelangte zum gleichen Fazit.(3) Die dominante Bewegung auf die Halswirbelsäule bei der Laryngoskopie ist die Extension. Gerade diese Extensionsbewegung ist an der vorgeschädigten Halswirbelsäule die gefährlichste Bewegung für die Einengung des Spinalkanals und somit Schädigung des zervikalen Rückenmarks. Ching, R.P. *et al.* zeigte an vorgeschädigten menschlichen Halswirbelsäulenpräparaten, dass die Extension und die Extension mit seitlicher Biegebewegung zu einer weiteren Einengung des Spinalkanals führt. Die Flexionsbewegung bei einer vorgeschädigten Halswirbelsäule hingegen erhöht die Einengung des Spinalkanals nicht.(13)



Abb. 2: Halswirbelsäulenbewegung während der Intubation

1.4 Airway Management bei Halswirbelsäulentrauma: Historie und aktuelle Fragen

Eine prospektive Analyse aus einem regionalen Traumacenter zeigt, dass der Großteil der Wirbelsäulenverletzungen nach schweren Unfällen mit dem Auto oder Zweirad entsteht (71%), gefolgt von Fußgängertraumen im Straßenverkehr (10%) und Sportunfällen (7%).(54) Prasad, V.S. *et al.* registrierten zwischen den Jahren 1987 und 1996 in einer Traumadatenbank 468 Halswirbelsäulenverletzungen und beobachteten in 27% der Fälle Spinalkanalverletzungen. Die Inzidenz von Halswirbelsäulenverletzungen nach einem stumpfen Trauma wird in der Literatur mit einer starken Schwankung von 0,9% bis 24% angegeben. In älteren postmortem Studien wurden bei 24% der Opfer eines tödlichen Traumas im Straßenverkehr Halswirbelsäulenverletzungen gefunden.(2, 9) Crosby, E.T. *et al.* schätzten 1990 in einer Veröffentlichung die Inzidenz von Halswirbelsäulenverletzungen bei Patienten nach einem stumpfen Trauma auf 0,9-3,0%, mit einem gemittelten Durchschnitt von 1,8%.(19) Eine größere retrospektive Studie zwischen den Jahren 1996-98 aus dem Baltimore Shock Trauma Center mit 14.577 überlebenden Patienten nach stumpfem Trauma ergab eine Inzidenz von 4,2% (614 von 14.577) für Halswirbelsäulenverletzungen.(14) Die bisher genannten Daten beruhen entweder auf einer geringen ausgewählten Population und geringer Probandenzahl, wie in den beiden postmortem Studien, oder aus einer vorselektierten Population von nur einer Institution. Eine neuere Multicenterstudie mit 34.069 Patienten nach stumpfem Trauma beziffert die Inzidenz auf 2,4%.(28)

Es lässt sich festhalten, dass Halswirbelsäulenverletzungen nach stumpfen Traumata nach dem heutigen Kenntnisstand in ca. 2% zu finden sind. Zudem steigt die Inzidenz für solche Verletzungen bei einem GCS^b-Score von unter 8 Punkten. Dieses beruht auf der Assoziation von Schädel-Hirntraumata und cervicalen Traumata. Bei einem Cranio-cervicalen-Trauma ist die Inzidenz für Halswirbelsäulenverletzungen erhöht.(20, 30, 32) Aus der oben erwähnten Multicenterstudie von Goldberg, W. *et al.* ergeben sich für die Hauptlokalisationen der Verletzungen nach einem Trauma folgende Häufigkeiten. Der zweite Zervikalwirbel (C2) ist der am häu-

^b Glasgow Coma Scale: 1974 von Teasdale und Jennett entwickelt, Klassifizierung von Bewusstseinsstörungen;
Schweregrad der Bewusstseinsstörung: Leicht: 14-15 Punkte ; Mittel: 9-13 Punkte ; Schwer: 3-8 Punkte.

figsten verletzte Wirbelkörper. Hier sind 24% (286) aller Frakturen zu finden, eingeschlossen zweiundneunzig (92) Frakturen des Dens axis. Im unteren Abschnitt der Halswirbelsäule verteilen sich 39.3% (470) aller Frakturen auf die beiden letzten Halswirbelkörper (C6 und C7). In den meisten Fällen (235) liegt die Lokalisation der Fraktur im Wirbelkörper selbst. Weiterhin zeigt sich in dieser Studie, dass nahezu ein Drittel aller Halswirbelsäulenverletzungen, die radiologisch erkannt werden, keine klinische Signifikanz besitzen. Abschließend lässt sich feststellen, dass die Atlanto-axial-Region die am häufigsten verletzte Lokalisation an der Halswirbelsäule ist und dass in ein Drittel der Fälle Verletzungen der unteren beiden Halswirbel entstehen.(28)

Die direkte Laryngoskopie unter manueller Stabilisierung der Halswirbelsäule gilt bei der prähospitalen Intubation auch heute noch als die Standardmethode für die Versorgung von Verletzten mit vermutetem Halswirbelsäulentrauma. Bevor sich seit 1970 diese Meinung durchsetzte, wurde das Auftreten von sekundären iatrogenen Schäden, die durch die Intubationsmaßnahmen an der Halswirbelsäule entstanden sind, mit einer Spannbreite von 10% bis 25% angegeben.(18) In der heutigen Zeit treten sekundäre neurologische Verletzungen nach Halswirbelsäulentrauma jedoch nur in 2-10% der Fälle auf.(17) Die älteren Schätzungen beruhen möglicherweise auf der Tatsache, dass vor 1970 in solchen Fällen nicht konsequent auf eine Immobilisierung der Halswirbelsäule geachtet wurde. Seit den sechziger und siebziger Jahren wurden in der prähospitalen Traumaversorgung vermehrt gezielte Immobilisationsmaßnahmen, unter anderem auch der Halswirbelsäule, eingesetzt. Zwei Studien aus dieser Zeit schlussfolgern, dass vermehrte Bewegung der Halswirbelsäule bei der endotrachealen Intubation von Patienten mit einem Halswirbelsäulentrauma den Zustand der bereits bestehenden Halswirbelsäulenverletzung verschlechtert.(29, 35) In den achtziger und neunziger Jahren galt daraufhin die orotracheale Intubation unter manueller In-line-Stabilisierung und größtmöglicher Vermeidung der Extension der Halswirbelsäule als Goldstandard in der Versorgung derartiger Patienten.(23, 65, 68) Einzelfallberichte, in denen durch die Intubationsmaßnahmen bei Patienten sekundäre Schäden entstanden sind, unterstützen ein solches Vorgehen bei potenziellen Halswirbelsäulentraumata.(42) Eine der ersten Fallstudien an 16 Patienten untersuchte spezifisch den Zusammenhang der manuellen In-line-Immobilisation während

der direkten Laryngoskopie.(46) Hierbei zeigte sich, dass durch manuelle In-line-Stabilisierung bei der Intubation sowohl die Extension im Atlanto-occipital-Gelenk, als auch die Bewegung der gesamten Wirbelsäule signifikant reduziert werden kann.

Alle Studien, die bisher die Halswirbelsäulen-Immobilisation untersucht haben, beruhen entweder auf Fallserien, Versuchen an unverletzten Probanden oder Studien an Leichen. Trotz bis heute fehlenden kontrollierten randomisierten präklinischen Studien zum Thema Halswirbelsäulen-Immobilisation bei Traumapatienten ist dieses Vorgehen immer noch der weltweite Standard.(39) Auf Grund der bis heute berichteten Sicherheit und Effektivität der direkten Laryngoskopie unter manueller In-line-Stabilisierung bei Patienten mit Halswirbelsäulentrauma ist es aus ethischen und methodischen Gesichtspunkten jedoch schwierig, präklinisch kontrollierte Studien durchzuführen, die in einer Gruppe die Fixierung der Halswirbelsäule bei der Laryngoskopie untersagen. Durch das Fehlen präklinisch randomisierter Studien wird die manuelle In-line-Stabilisation unter direkter Laryngoskopie heute von einigen Autoren kontrovers diskutiert. Die Diskussion, ob direkte Laryngoskopie zur orotrachealen Intubation gefährliche Halswirbelsäulenbewegung verursacht und somit Sekundärschäden herbeigeführt werden, ist in den letzten Jahren entbrannt. Neuere Studien geben Anzeichen dafür, dass die direkte Laryngoskopie keine klinisch signifikante Bewegung der Halswirbelsäule bei der Intubation verursacht.(8)

Nach Brimacombe, J. *et al.* ist die sicherste Methode zur Intubation bei Halswirbelsäulenverletzungen die fiberoptische nasotracheale Intubation. Obwohl es auf Grund der heutigen begrenzten Studien- und Datenlage kein eindeutig bestes Verfahren definiert ist, so ist doch nachgewiesen, dass durch manuelle In-line-Stabilisation der Halswirbelsäule die Sicht bei der Laryngoskopie signifikant eingeschränkt sein kann.(31, 52) Durch die so verzögerte Atemwegssicherung kann es zu einer weiteren Hypoxie der Patienten kommen. Dieses führt zu einem verschlechterten gesamtneurologischen Outcome der Traumapatienten.(12)

Heath, K.J. kommt 1994 dennoch zu dem Ergebnis, dass die manuelle In-line-Stabilisierung (MILS) ohne Einsatz einer Zervikalstütze oder anderer Immobilisationsmaßnahmen (Sandsäcke und Fixierung mit Tape) während der Laryngoskopie die

beste Sicht nach der Cormack and Lehane^c Einteilung auf die Stimmlippenebene erlaubt.(31) Heath, K.J. schlussfolgert 1994, dass „die manuelle In-line Immobilisation die Methode der Wahl zur Halswirbelsäulen-Immobilisation während der trachealen Intubation sein sollte“.(31) Aktuelle Studien stellen diesen Stellenwert der „manuellen In-line Immobilisation“ (MILS) in Frage. Eine Studie von Turner, CR. *et al.* aus dem Jahre 2009 konnte in einer Kadaver-Studie am Modell keinen signifikanten positiven Effekt der manuellen In-line Immobilisation auf die instabile Halswirbelsäule bei der Intubation zeigen.(67) Die Arbeitsgruppe Thiboutot, F. *et al.* zeigten ebenfalls 2009 in ihrer randomisierten kontrollierten klinischen Studie an 200 Patienten mit elektiven Intubationen im operativen Betrieb, dass die Rate von Fehlintubationen innerhalb von 30 Sekunden in der Gruppe mit „manueller In-line Stabilisierung“ (MILS) bei 50% lag gegenüber 5,7% in der Kontrollgruppe ohne MILS. Alle Patienten, die mit der manuellen In-line-Intubation nicht intubiert werden konnten, konnten ohne MILS jedoch erfolgreich intubiert werden. Die laryngoskopische Sicht war insgesamt in der MILS Gruppe schlechter (häufiger Cormack and Lehane Grad III und IV).(64) Vielversprechend ist hier, neben der von Brimacombe, J. *et al.* geforderten Intubation mittels flexiblem Bronchoskop, der Einsatz alternativer neuerer Techniken, die ebenfalls ohne eine direkte Laryngoskopie auskommen. Zu nennen sind hier die Intubation über supraglottische Atemwege (z.B. Intubationslarynxmasken etc.), Videolaryngoskope (z.B. GlideScope® etc.), unterstützende optische Systeme (z.B. Optical Stylets) oder jede andere Art bildgebender Verfahren.(48) Diese sollen gegenüber der direkten Laryngoskopie unter manueller In-Line-Stabilisierung die Vorteile vereinen, dass sie die Bewegung bei der Laryngoskopie an der vorgeschädigten Halswirbelsäule minimieren und jederzeit eine optimale Sicht zur schnellen und sicheren Intubation bieten. Noch gibt es im Hinblick auf diese

^c Klassifikation beruht auf direkt laryngoskopischem Befund; Sicht auf die Glottis eingeteilt in Grad I-IV;

vgl. Literaturverzeichnis Nummern:

16. **Cormack RS, and Lehane J.** Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 39: 1105-1111, 1984.

56. **Samsoon GL, and Young JR.** Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia* 42: 487-490, 1987.

alternativen Intubationstechniken keine ausreichende Datenlage, die eine einzelne Praxis zur Atemwegssicherung bei Halswirbelsäulentrauma bevorzugt.

Eine Vielzahl von Optionen scheint im Moment akzeptabel. Sicher jedoch ist, dass das Auslassen jeglicher Immobilisationsmaßnahmen bei der Intubation von Patienten mit einem Halswirbelsäulentrauma ursächlich für sekundäre Verletzungen ist. Die vorliegende Arbeit soll in diesem Zusammenhang den Nutzen der modernen Videolaryngoskopie bewerten.

1.5 Alternative Intubationstechniken bei HWS-Trauma: Die Videolaryngoskopie

Die Videolaryngoskopie vereint die Vorteile von zwei unterschiedlichen Methoden, der direkten Laryngoskopie und der fiberoptischen Intubation. Das allgemeine Handling ist ähnlich der direkten Laryngoskopie, genutzt wird aber wie bei der fiberoptischen Intubation eine indirekte Sicht auf die Glottis. Bei den meisten Geräten auf dem Markt sind im vorderen Teil des idealerweise stärker gekrümmten Spatels neben der Lichtquelle ein Kameramodul angebracht, welches die Sicht auf die Glottis über einen Videomonitor auch ohne direkten Einblick bietet. Für die Videolaryngoskopie klinisch verfügbar sind gegenwärtig folgende Geräte:

- Airtraq-Laryngoskop[®] (Podol Lt., Vizcaya, Spanien)
- Airway-Scope (AWS)[®] (Pentax Europe GmbH, Hamburg)
- Macintosh-Videolaryngoskop[®] (Karl Storz, Tuttlingen)
- McGrath-Laryngoskop[®] (Aircraft Ltd., Edinburgh, UK)
- Truview EVO₂[®] (Medicom, Spolka, Polen)
- Glidescope[®] (Verathon Medical, USA)

Bei dem GlideScope® (Verathon Medical, USA) handelt es sich also um ein solches neuartiges Videolaryngoskop zur indirekten Laryngoskopie. Das GlideScope® gelangt in den letzten Jahren bei Anwendern zum einen bei der schwierigen Intubation (Difficult Airway Management) und zum anderen bei der Intubation von Patienten mit potenziellen Halswirbelsäulenverletzungen zu immer größerer Akzeptanz. Es wurde in Kanada von John A. Pacey und der Firma Saturn Biomedical Systems, Burnaby, BC, Canada entwickelt und wird in Deutschland durch die Firma Verathon Medical, Rendsburg vertrieben. Es handelt sich um ein mobiles Videolaryngoskop mit der Besonderheit eines 60° gebogenen Spatels. In diesen Spatel ist eine „high-resolution“ Kamera integriert, mit der man während der Intubation über einen direkt angeschlossenen Monitor eine indirekte Sicht auf die Glottis erhält.(15) Die in den Spatel integrierte Kamera ist mit hoher Auflösung, Antibeschlagsystem und zwei Leuchtdioden ausgestattet. Der Spatel ist mit einem mobilen Farbvideomonitor verbunden. Die Intubation erfolgt unter Sicht über den Videomonitor. Der Tubus muss hierbei mittels eines Führungsstabes mit ähnlicher Krümmung wie der Spatel vorbereitet werden.

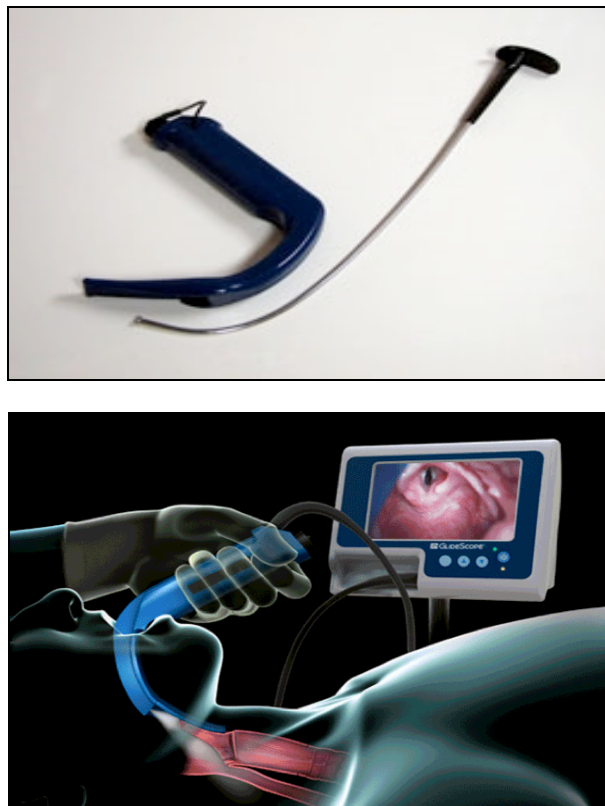


Abb. 3: GlideScope® und passender Führungsstab GlideRite® und Funktionsprinzip Videolaryngoskopie

Der Vorteil eines so konzipierten Spatels (patentiert 60° Krümmung des Spatels) ist der „look round the corner“-Blick auf die Glottis. Diese 60°-Krümmung des Spatels stimmt annähernd mit der anatomischen Ausrichtung der oro-pharyngeal-laryngeal-Achse in Neutralposition des Kopfes überein. Das GlideScope® bietet, durch diese Konstruktion bedingt, theoretisch den Vorteil, dass die drei Achsen (oral, pharyngeal, laryngeal) bei der Laryngoskopie nicht durch vermehrte Extension der Halswirbelsäule ausgerichtet werden müssen. Eine gute Visualisierung der Glottis, um zum Intubationserfolg zu kommen, lässt sich so theoretisch schon in der Neutralposition erreichen.

Das GlideScope® ist in drei verschiedenen Ausführungen erhältlich: als Laryngoskop mit wieder verwendbarem Spatel in vier Größen, als GlideScope Cobalt® mit Einmalspatel, ebenfalls in vier Größen und als tragbares GlideScope Ranger®, das speziell für den Einsatz außerhalb des Krankenhauses oder der Notaufnahme konzipiert ist.

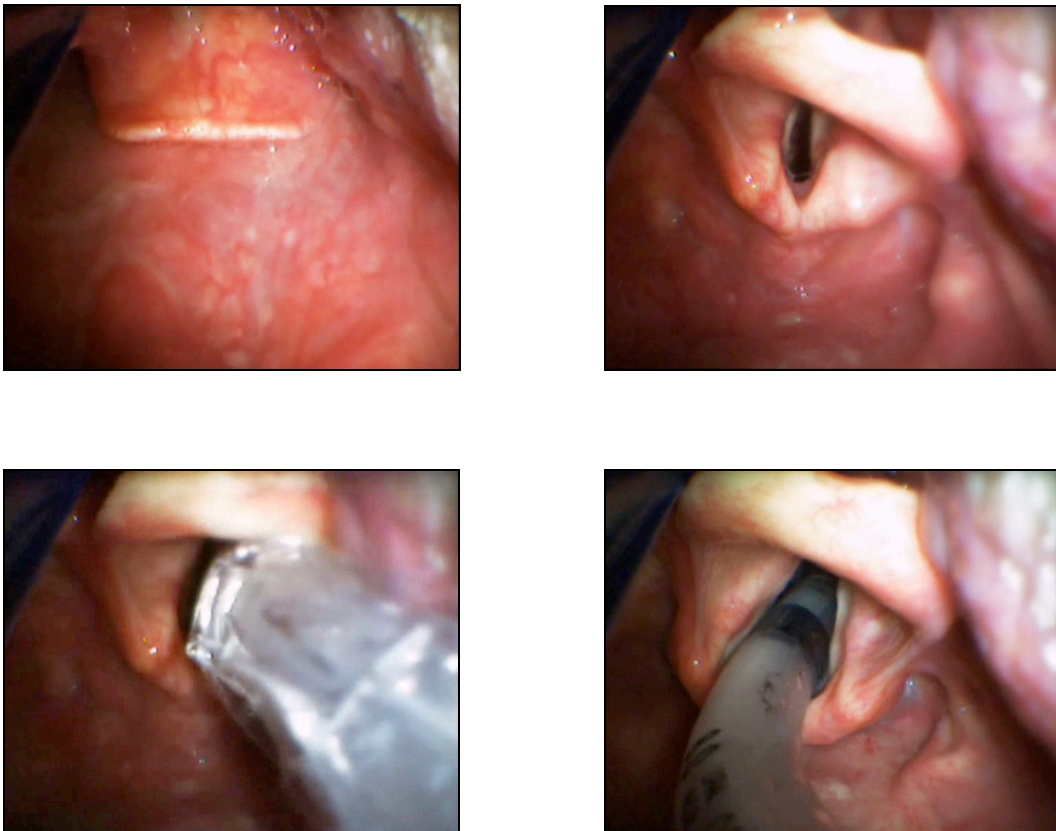


Abb. 4: Bilderfolge aus Originalvideo eines Intubationsvorgangs mittels Videolaryngoskopie GlideScope®

Die meisten bisherigen Studien mit GlideScope® haben das Handling, die Sicherheit und den Intubationserfolg, bzw. die Sicht auf die Glottis z.B. mit Hilfe des Cormack und Lehane Einteilung untersucht.(15, 63) Die Studie von Sun, D.A. *et al.* ist die erste klinisch randomisierte Studie mit einer Anzahl von 200 Patienten. Sie zeigt, dass bei den meisten unselektierten Patienten durch das GlideScope® während der Intubation eine bessere Sicht gegenüber der direkten Laryngoskopie auf die Glottis entsteht. Aussagen zur Bewegung der Halswirbelsäule und Nutzen bei Patienten mit reduzierter Halswirbelsäulenbeweglichkeit wurden in der ersten randomisierten klinischen Studie von Sun, D.A. *et al.* nicht gemacht. Die Industrie und die Entwickler allerdings propagierten die einfachere und mögliche Intubation bei Halswirbelsäulentrauma-Patienten auch bei angelegter Zervikalstütze. Neuere verschiedenen klinische Untersuchungen belegen eine Überlegenheit der Videolaryngoskopie gegenüber der direkten Laryngoskopie für Patienten mit eingeschränkter Reklinationsfähigkeit der Halswirbelsäule.(5, 25, 45, 47)

Für das GlideScope® verglichen Agro, F. *et al.* 2003 an 15 Patienten zunächst die Qualität der Visualisierung der Glottis bei der durch eine Zervikalstütze immobilisierten Halswirbelsäule zwischen Laryngoskopie mittels GlideScope® oder mittels direkter Laryngoskopie. Es konnte gezeigt werden, dass durch die Verwendung des GlideScope® eine bessere Sicht auf die Glottis ermöglicht wird, obwohl durch die Immobilisation die orale, pharyngeale und laryngeale Achse nicht, wie bei der „sniffing-position“, in einer Linie sind.(1) Als erste Arbeitsgruppe untersuchten Turkstra, T.P. *et al.* im Jahr 2005 wissenschaftlich die Halswirbelsäulenbeweglichkeit bei der Verwendung des GlideScope® oder des Lighted Stylet (Trachlight®) im Vergleich mit einem Macintosh-Spatel an einem Patientenkollektiv von 36 Patienten unter In-Line-Stabilisierung der Halswirbelsäule. Die Methodik der Arbeit beruhte auf einer Auswertung der Wirbelsäulenbeweglichkeit unter Durchleuchtung während des Intubationsvorgangs. Der Kopf des Patienten wurde hierbei mit Klebeband fixiert, um die In-line-Stabilisierung bei den Patienten zu simulieren. In dieser Studie konnte für das GlideScope® nur in den bestimmten Segmenten (C2-C5) eine Minderung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit gezeigt werden.(66) Robitaille, A. *et al.* veröffentlichte im Jahre 2008 eine weitere Studie zum Thema. Er untersuchte 20 Patienten ohne Halswirbelsäulenpathologie, die sich einem elektiven neurologischen Eingriff unterzogen.

Die Intubation der Patienten wurde in dieser Studie, ähnlich der Vorgängerstudie von Turkstra, T.P. *et al.*, in Immobilisation der Halswirbelsäule vollzogen und durch seitliche Durchleuchtung aufgezeichnet. Die Immobilisation bei der Intubation wurde hier aber gemäß der heute üblichen Praxis durch die manuelle In-line-Stabilisierung unter Zuhilfenahme einer zweiten Person durchgeführt. Robitaille, A. *et al.* kommt nach der Auswertung seiner Aufnahmen zu dem Ergebnis, dass es zwischen dem GlideScope® und der direkten Laryngoskopie in allen Abschnitten der Halswirbelsäule keinen signifikanten Unterschied bei der Bewegung zwischen den einzelnen Halswirbelsäulensegmenten gibt.(55) Der Konsens aus beiden Studien ist, dass die Intubation mit dem GlideScope® unter In-line Immobilisation der Halswirbelsäule im oberen Abschnitt (häufigster verletzter Bereich bei Halswirbelsäulentraumata) zu keiner Minimierung der Bewegung gegenüber der direkten Laryngoskopie führt.(55, 66)

Gegenüber dieser Arbeit untersuchten Robitaille, A. *et al.* und Turkstra, T.P. *et al.* kleinere randomisierte Patientenkollektive (20 und 18 Patienten). In der Studie von Turkstra, T.P. *et al.* konnten von 18 Patienten im Studienarm GlideScope® versus Macintosh sogar nur 16 Patienten ausgewertet werden. Bei Robitaille, A. *et al.* wurden bei allen 20 Patienten randomisiert in unterschiedlicher Reihenfolge mit beiden Techniken hintereinander eingesetzt. Die eigentliche Intubation der Patienten erfolgte nur bei der zweiten Laryngoskopie. Durch die Randomisierung der Reihenfolge der Laryngoskopiemethoden ist ein Bias zwar minimiert worden, auszuschließen ist es jedoch nicht gänzlich. Im Gegensatz zu diesen Studien wurde in dieser Arbeit ein größeres Patientenkollektiv von 60 Patienten gewählt und die Patienten wurden je nach Randomisierungsstatus entweder mit dem GlideScope® oder durch direkte Laryngoskopie intubiert. In den beiden Vorgängerstudien erfolgte die Laryngoskopie und Intubation entweder nur durch ein (66) oder zwei Untersucher selbst (55). Um eine möglichst realitätsnahe Situation abzubilden, die sich auf den präklinischen Alltag übertragen lässt, findet die Laryngoskopie in dieser Studie durch verschiedene Anästhesisten unterschiedlichen Ausbildungsstandes (Anästhesisten >2 Jahre Berufserfahrung / Anästhesisten <2 Jahre Berufserfahrung) und Methodenerfahrung statt, um im Gegensatz zu den beiden anderen Untersuchungen die Einflüsse durch den Behandler zu minimieren.

Das Kriterium der Erfahrung des Untersuchers spiegelt mit mehr als zwei Jahren einen identischen Zeitraum zu den aktuellen Qualifikationsanforderungen für den Erwerb der Notarztqualifikation in den meisten Bundesländern wieder.

Die Messmethodik der Vorgängerstudien beruhte auf einer Auswertung eines seitlich angefertigten Durchleuchtungsfilms (Röntgenstrahlung) der Halswirbelsäule während der Maßnahmen. Auf eine solche invasive Messmethode wird in dieser Studie jedoch verzichtet. Die verwendete Methodik der Videomotionanalyse stellt für den Patienten keine zusätzliche, untersuchungsbedingte Belastung dar und macht in diesem Zusammenhang den Einsatz von Röntgenstrahlung überflüssig. Eine Videomotionanalyse, die im Abschnitt Material und Methoden näher erläutert, erlaubt anhand von Videoaufnahmen und speziellen Oberflächenmarkern eine ausreichende biometrische Analyse von Bewegungen. Diese Art der Bewegungsanalyse wird heute bereits in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt.

Ein großer Unterschied neben der Verwendung der Videomotionanalyse ist die Tatsache, dass gegenüber den Vorgängerstudien die Messungen der Halswirbelsäulenbewegung unter den Intubationsmaßnahmen an der freien Halswirbelsäule stattfand. Die Messung fand aus der Neutralposition ohne Immobilisation (In-Line-Stabilisierung, MILS) statt, um die reine Extension bzw. die Maximalextension der Halswirbelsäule und den Intubationserfolg mit den verschiedenen Methoden beurteilen zu können.



Abb. 5: Originalaufnahme präklinische videolaryngoskopische Intubation mittels GlideScope Ranger®

2 Fragestellung und Zielsetzung

Bei Patienten mit relevanten Verletzungen der Halswirbelsäule kann nicht ausgeschlossen werden, dass das physiologische Bewegungsmuster bei der Reklination der Halswirbelsäule aufgrund der abnormen Beweglichkeit im Bereich der Verletzung zuungunsten des verletzten Abschnitts verändert ist. So kann es in einer solchen Situation durch die erforderliche Intubation der Patienten zu iatrogenen Sekundärschäden kommen. Aus diesem Grunde sollte die Intubation bei diesen Patienten mit möglichst wenig Bewegung der Halswirbelsäule einhergehen.

In der vorliegenden Arbeit wird der mögliche Nutzen der modernen Videolaryngoskopie in diesem Zusammenhang untersucht. Die Untersuchung soll den Einfluss zweier verschiedener Techniken der Laryngoskopie bei der Notfall-Intubation von Patienten mit Verletzungen der Halswirbelsäule bewerten. Möglicherweise kann die Reklination und damit die Beweglichkeit der Halswirbelsäule während der Intubation mit einem neuartigen Videolaryngoskop (GlideScope®) deutlich verringert werden.

Es stellte sich die Frage, ob die Intubation mit dem GlideScope® durch seine veränderte Konzeption gegenüber der konventionellen Methode (Macintosh) zu einer geringeren Extensionsbewegung an der freien, nicht immobilisierten Halswirbelsäule durch den Behandler führt.

Zudem sollte in dieser Arbeit durch die Verwendung verschiedener Anästhesisten herausgefunden werden, ob der allgemeine Ausbildungsgrad und der Übungsgrad in punkto GlideScope®-Nutzung des Intubierenden in diesem Zusammenhang eine Rolle spielt.

Hierzu wurde im Rahmen der Narkoseeinleitung zu elektiven operativen Eingriffen, bei denen eine Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation erforderlich ist, die Halswirbelsäulenbewegung aus der Neutralposition ohne In-line-Stabilisierung (MILS) während der Laryngoskopie mittels konventionellem Macintosh-Laryngoskop oder dem neuartigen Videolaryngoskop GlideScope® durch eine non-invasive Videomotionanalyse untersucht. Zielgrößen waren die maximalen Reklinationswinkel unter Berücksichtigung von Berufs- und Methodenerfahrung, sowie die erfolgreiche Intubation.

3 Material und Methodik

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Das Patientenkollektiv dieser klinischen, prospektiven Untersuchung bestand aus Patienten mit vollendetem 18. Lebensjahr, die für eine elektive Operation für eine Allgemeinanästhesie mit Intubation geplant und aufgeklärt worden sind. Außerdem mussten alle Patienten im Rahmen eines zweiten Aufklärungsgesprächs durch die Studienärzte mit einer schriftlichen Einverständniserklärung der Studie eingewilligt haben.

Ausschlusskriterien waren

- Fehlende Nüchternheit
- Schwangerschaft
- erhöhtes Aspirationsrisiko aus anderer Ursache mit geplanter „Rapid-sequence-Induction“
- Instabilität oder Bewegungseinschränkung der Halswirbelsäule
- Intubationsschwierigkeiten in der Anamnese

3.2 Versuchsaufbau

Für diese Arbeit wurde eine 2D-Videoanalyse des Intubationsvorgangs gewählt. Hierbei wurden bei den teilnehmenden Patienten bestimmte Oberflächenpunkte auf der Haut markiert und der Intubationsvorgang mit einer Kamera seitlich im fest definierten Abstand aufgenommen.

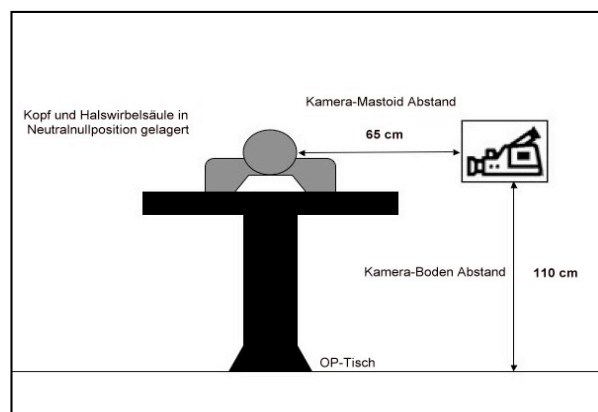


Abb. 6: Skizze Versuchsaufbau; das Setting in der OP-Einleitung

Der Aufbau musste den örtlichen Gegebenheiten in einer OP-Einleitung angepasst werden, um möglichst wenig in den Arbeitsablauf der Narkoseeinleitung durch die videogestützte Technik zur Messung der Halswirbelsäulenbewegung einzugreifen.

Damit die Auswertung der Videodaten hinterher vergleichbar wurde, wurde der OP-Tisch parallel zur Kamera ausgerichtet. Die Kamera wurde, vom Patienten aus gesehen, zur rechten Seite parallel zum OP-Tisch in einer Höhe von 110 cm angebracht. Der Abstand von der Kameralinse zum rechten Processus mastoideus der Patienten betrug einheitlich 65 cm. Die Kameraeinstellung der Sony DCR-TRV30E mini DV war für alle 60 Aufnahmen gleich, das heißt fest definiert ohne Zoom oder Weitwinkel.

Die Auswahl der Markierungen beruhte zum einen auf bereits in Vorgängerstudien genutzten Oberflächenmarker an Kopf und Hals. Zum anderen musste auf die Platzverhältnisse in der OP-Einleitung und die Lagerung der Patienten aufnahme-technisch eingegangen werden. Auf der Haut der Patienten wurden farbliche, fluoreszierende Markierungspunkte von 12 mm Durchmesser verwendet. Bei den Studienpatienten wurde vor Beginn der Narkoseeinleitung am Gesichtsschädel die Haut über dem Processus mastoideus und über dem Os frontale zwischen den Augenbrauen (Glabella) markiert. Diese Markierungen wurden in zwei Arbeiten, die sich mit der videogestützten Motionanalyse der Halswirbelsäule beschäftigte, bereits verwendet.(4, 62) An der Halswirbelsäule selbst konnte aus lagerungs- und aufnahmebedingten Gegebenheiten nur ein Markierungspunkt gesetzt werden. Es wurde vom Processus spinosus C7 (Vertebra prominens) aus durch Abzählen der Processus spinosus C4 ertastet und die Haut über diesem Punkt markiert. Dieser Punkt liegt ungefähr mittig der Strecke der Halswirbelsäule. Er konnte auf den seitlichen Videoaufnahmen während einer Intubation relativ gut verfolgt werden, da er bei den Lagerungsbedingungen auf einem OP-Tisch nicht immer, wie z.B. der Processus spinosus C7, von Weichteilgewebe überlagert wurde. Die Markierungen der Processus spinosi sind ebenfalls Oberflächenmarker, die bereits in vorherigen Studien Verwendung gefunden haben.(21, 62, 72) Um die Bewegung in dem unteren Abschnitt der Halswirbelsäule analysieren zu können, wurde die Haut über dem oberen Rand des Manubrium sterni markiert. Diese Markierung wurde ebenfalls in der Vorgängerstudie von Arbogast, K.B. *et al.* gebraucht.(4)

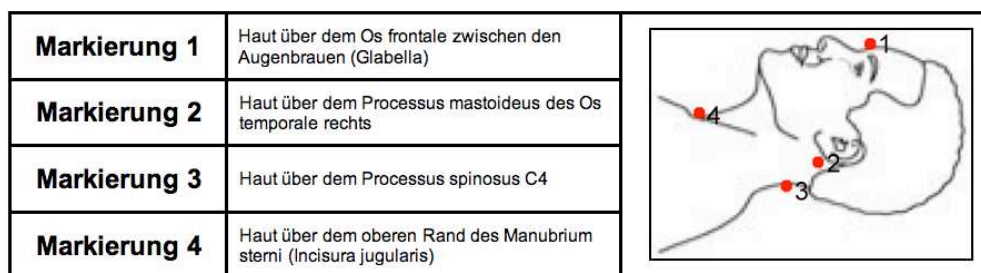


Abb. 7: Überblick der Markierungen an der Hautoberfläche bestimmter Strukturen im Kopf/Hals-Bereich

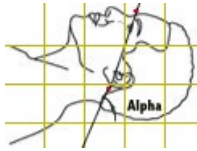
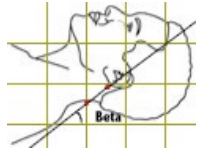
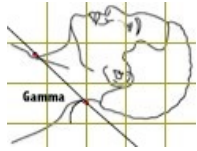
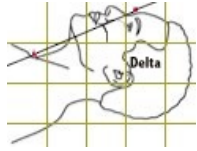
Um aus den standardisierten Videoaufnahmen mit Hilfe dieser Oberflächenmarker das Bewegungsausmaß auf die Halswirbelsäule während des Intubationsvorgangs zu analysieren, wurden die gewonnenen Aufnahmen mit der Software iMovie 6.0.3 (Apple Computer Inc., USA) archiviert und zu zwei definierten Zeitpunkten bestimmte Sequenzen des Videos in JPEG-Dateien umgewandelt. Es wurden pro Patient jeweils zwei Bildschirmfotos (JPEG-Dateien) zu zwei verschiedenen Zeitpunkten erstellt. Das erste Bildschirmfoto zeigte den Patienten in der Neutralposition. Das zweite Bildschirmfoto wurde vom Patienten zum Zeitpunkt der maximalen Reklinationsstellung bei der Intubation mit dem Macintosh- oder dem GlideScope®-Laryngoskop erfasst. Die Zeitpunkte Neutralposition und maximale Reklination bei der Intubation wurden so in genormten JPEG-Bilddateien festgehalten. Mit Hilfe dieser beider JPEG-Bilder, durch standardisierte seitliche Videoaufnahme entstanden, konnte für jeden Patienten das maximale Bewegungsausmaß unter den Intubationsmaßnahmen durch einen Vergleich der Lage der Oberflächenmarker im Bild analysiert werden. Dazu wurde nachträglich ein Raster mit parallelen Referenzlinien in die standardisierten seitlichen Videoaufnahmen eingezeichnet. Für die allgemeine Bildbearbeitung wurde das Programm Photostudio 4.0 für Canon (ArcSoft, Inc. ©2003) verwendet. Die Bewegungsänderung der Halswirbelsäule während der Intubation wurde als eine Winkeländerung zwischen einer Linie zweier Markierungspunkte und einer Referenzlinie im Bild gemessen. In den Bildern wurden dazu zwei definierte Markierungen zu einer Linie verbunden und deren Winkel mit einer Geraden aus dem genormten Raster gemessen. Die Messung der Winkel in den Einzelbildern wurde mit dem Programm Pixelstick Version 1.1 (Pixelated Software) durchgeführt. Die jeweils gemessene Winkeländerung eines definierten Winkels in Maximalreklination zur Winkel-

größe in Neutralposition entspricht dem Ausmaß der Bewegungsänderung bei der Reklination der Halswirbelsäule während der Laryngoskopie mit der jeweiligen Technik. Für die Analyse der Videoaufnahmen wurde das Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule zunächst formal nach anatomischen Gesichtspunkten in drei Abschnitte eingeteilt. Die Einteilung gliederte sich in ein Bewegungsausmaß bei der Reklination im oberen, mittleren und unteren Abschnitt der Halswirbelsäule. Durch eine Verbindungslinie der beiden Oberflächenpunkte am Schädel [Fixpunkte: 1. Processus mastoideus, 2. Os frontale (Glabella)] ließ sich in Bezug zu einer Referenzgeraden des digitalen Bildrasters ein Winkel bilden, dessen Änderung vor allem die Bewegung in den oberen Segmenten C0-C2 beschreiben sollte. Der Winkel ist der Hauptwinkel Alpha (α) der Studie. Dieser Winkel war zum einen durch die guten anatomischen Fixpunkte auf allen seitlichen Videoaufnahmen am besten darzustellen und somit digital zu vermessen, zum anderen stützte sich auf die Winkeländerung des Winkels Alpha zwischen der Neutralposition und der Position der Maximalreklination im genormten Digitalbild die Fallzahlberechnung. Diese ging aus neun verwertbaren Einzelbeobachtungen seitlicher Probeaufnahmen des Intubationsvorgangs hervor, die mit dem Einverständnis der Patienten entstanden sind.

Es wurden neben dem Hauptwinkel Alpha (α) zwischen den anatomischen Fixpunkten und den Referenzgeraden des digitalen Rasters vier weitere Referenzwinkel gebildet. Die Winkeländerung dieser sollte das Bewegungsausmaß im mittleren und unteren Abschnitt der Halswirbelsäule repräsentieren. Die Winkeländerung der Winkel Beta (β) über dem Processus spinosus von C4 und dem Mastoid zeigte das Bewegungsausmaß im mittleren bzw. auch oberen Abschnitt der Halswirbelsäule (C1-C4). Um den Bewegungsumfang bei der Reklination im unteren Abschnitt zu messen, wurde die Winkeländerung des Winkels Gamma (γ), zwischen der Verbindungslinie, der Punkte über der Incisura jugularis und dem Processus spinosus C4, und der Referenzlinie gemessen. Der Winkel Delta (δ) wurde aus der Geraden zwischen den anatomischen Fixpunkten 1. Glabella und 2. Incisura Jugularis gebildet und einer Referenzgeraden des digitalen Rasters. Dieser Winkel diente als allgemeiner Referenzwinkel, da sich die so gebildete Gerade über die gesamte Strecke der Halswirbelsäule erstreckt.

Die Tabelle 1 veranschaulicht nachfolgend zusammenfassend das Bewegungsausmaß bei der Reklination der Halswirbelsäule und die dazugehörige Winkelbildung in den einzelnen digitalen Bildern für die Messung.

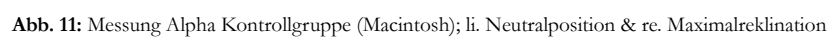
Tabelle 1: Übersicht Winkelbildung in den einzelnen Bildsequenzen zur Messung der Reklination

Bewegungsausmaß	Dazugehöriger Winkel	Winkelbildung (durch eine Linie zwischen zwei Oberflächenmarkierungen und der Referenzgeraden)	Skizze (Winkel in Neutralposition)
im oberen Abschnitt der Halswirbelsäule	Alpha (α), Hauptwinkel	Linie zwischen Markierung 1 und 2	
im mittleren Abschnitt der Halswirbelsäule	Beta (β)	Linie zwischen Markierung 2 und 3	
im unteren Abschnitt der Halswirbelsäule	Gamma (γ)	Linie zwischen Markierung 3 und 4	
auf der Gesamtstrecke der Halswirbelsäule	Delta (δ) Referenzwinkel	Linie zwischen Markierung 1 und 4	

Die jeweils gemessene Winkeländerung eines definierten Winkels in Maximalreklination zur Winkelgröße in Neutralposition entspricht dem Ausmaß der Bewegungsänderung bei der Reklination der Halswirbelsäule während der Intubation mit der jeweiligen Technik. Eine stärkere Reklination bei der Intubation korreliert bei dieser Messmethode mit einer größeren Veränderung der Winkel gemessen zur Neutralposition.

Um die Reliabilität und die Objektivität der Ergebnisse der Messung zu erhöhen und hier einen systematischen Fehler bei der Vermessung der Einzelbilder zu vermeiden, wurden der Hauptwinkel Alpha (α) und der Referenzwinkel Delta (δ) in den Bildern

von drei unabhängigen Personen verblindet vermessen. Um Messungenauigkeiten und Voreingenommenheit des Untersuchers bei der Vermessung dieser Winkel in den digitalen Bildern am PC auszuschließen, wurden hierzu in den digitalen Bildern zunächst die Hinweise auf den Randomisierungsstatus GlideScope[®] oder Macintosh retuschiert bzw. geschwärzt. Bei den verblindeten Messungen waren nur noch die fluoreszierende Markierungspunkte und das digitale Raster zu erkennen (Abb. 9). Anschließend wurden in diesen Bildern (Neutralposition und Position Maximalreklination pro Studienpatient) von den drei unabhängigen Personen, analog dem oben beschriebenen Messverfahren, mit der Software Pixelstick Version 1.1 einzeln am gleichen Monitor die definierten Winkel gemessen. Die gemessenen Winkelergebnisse pro Bild wurden dann vom Untersucher in eine nummerierte Liste eingetragen. Eine Zuordnung zu den Originalbildern und damit zum Randomisierungsstatus war nur dem Doktoranden und dem Versuchsleiter möglich. Die Winkel Beta und Gamma wurden nicht dieser strengen Reliabilitätsprüfung unterzogen und nur exemplarisch durch einen Untersucher (Doktorand) selbst vermessen. Dies war der Tatsache geschuldet, dass sich schon in den Videoaufnahmen zeigte, dass der Markierungspunkt 3 über dem Processus spinosus von Zervikalwirbel C 4 nicht immer eindeutig zu verfolgen war und es Schwierigkeiten bei dem Vermessen gab. Die durch Markierungspunkte 1 und 4 gebildeten Winkel Alpha und Delta waren in jeder gewonnenen Videoaufnahme zu jeder Zeit eindeutig zu verfolgen und zu vermessen. Die Abbildungen auf der nachfolgenden Seite sollen zum besseren Verständnis exemplarisch an den Originalaufnahmen von Hauptwinkel Alpha aufzeigen, wie die Messung der maximalen Reklinationswinkel durchgeführt wurde. Die gemessenen Winkel wurden zum besseren Verständnis nachträglich farblich hervorgehoben (grün: GlideScope[®], rot: Macintosh). Zunächst zeigt Abbildung 8 und Abbildung 9 beispielhaft an einem Studienpatienten aus der Neurochirurgie eine Gegenüberstellung der Bilder im Original und der Verblindung. Zum besseren Verständnis wurde hier die Schwärzung wieder retuschiert. Die weiteren Abbildungen 10 und 11 stellen dann exemplarisch eine Messung des Hauptwinkels bei einem Studienpatient der Testgruppe (GlideScope[®]) und der Kontrollgruppe (Macintosh) gegenüber. Die erstellten JPEG-Dateien zeigen jeweils Neutralposition und maximale Reklination.



3.3 Studienablauf

Die Patienten, bei denen ein elektiver operativer Eingriff geplant war, wurden am Vortag ärztlich über die Anästhesieverfahren für diesen Wahleingriff aufgeklärt; wurde in diesem Aufklärungsgespräch eine Intubationsnarkose geplant und vereinbart, kamen diese, wenn keine weiteren Ausschlusskriterien gegeben waren, für die Studie in Frage. Diese Patienten wurden zunächst in der Anästhesie Ambulanz des Universitätsklinikums Marburg akquiriert. Anschließend fand ein zweites Gespräch über die Studienteilnahme mit einem der Studienärzte statt. Die Patienten gaben ihre schriftliche Einwilligung, nachdem sie von einem Studienarzt der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie über deren Verlauf und mögliche Risiken aufgeklärt worden sind. Nachdem ein Patient in die Studienteilnahme einwilligte und die Einverständniserklärung unterschrieben hat, wurde für den jeweiligen Patienten ein Case-Report-Form angelegt und dem Patient ein versiegelter nummerierter Umschlag mit dem Randomisierungsstatus zugestellt, um das Concealment of Allocation (verborgene Zuweisung) zu wahren.

Am Vorabend der Operation wurde einheitlich bei den Studienpatienten das Sedativum 20mg Clorazepam (Tranxilium[®], Sanofi-Synthelabo) angeordnet.

Am Operationstag selbst wurden alle Patienten ca. 2 Stunden vor Ankunft in der zuständigen OP-Einleitung mit 20mg Clorazepam prämediziert. Vor der Ankunft des Patienten in der OP-Einleitung wurde vorab die Videokamera aufgebaut und das GlideScope[®] zur Intubation bereitgestellt. Bei der Ankunft des Studienpatienten wurde nach der allgemeinen Identitätsprüfung darauf geachtet, dass der dem Patienten zugeordnete, versiegelte Umschlag mit dem Randomisierungsstatus, das jeweilige Case-Report-Form und die unterschriebene Einwilligung vorhanden waren.

Die Anästhesisten, welche die Intubation bei den Studienpatienten mit der jeweiligen Methode durchführen sollten, waren diejenigen, die für diesen Patienten in der Einleitung des Zentral-OP's am Operationstag zufällig zuständig waren. Der Ausbildungsgrad (Stratifizierungsmerkmal: klinische Erfahrung größer oder kleiner 2 Jahre Berufserfahrung in der Anästhesie) und die Erfahrung mit dem GlideScope[®] der jeweiligen Anästhesisten spielte hierbei eine Rolle. Die Intubationserfahrung mit dem GlideScope[®] war, wenn überhaupt vorhanden, bei den einzelnen Anästhesisten un-

terschiedlich. Diese bunte Mischung aus dem Mitarbeiterpool der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie der jeweiligen Intubationserfahrung innerhalb der Abteilung war ausdrücklich gewollt. Durch dieses Design der Studie sollte die Übertragbarkeit der gewonnen Erkenntnisse auf die Präklinik erleichtert werden, da die Intubationserfahrung und Intubationsfertigkeit der Notärzte vor Ort präklinisch unterschiedlich ist. Alle teilnehmenden Anästhesisten wurden vorher instruiert, möglichst schonend zu intubieren und jede unnötige Halswirbelsäulenbewegung zu vermeiden.

Bei den Patienten wurden die vier definierten Oberflächenpunkte auf der Haut in aufrecht sitzender Position durch einen Mitarbeiter der Studie markiert. Hierfür wurden neben hypoallergenem Leukoplast orange fluoreszierende Klebepunkte von 12mm Durchmesser verwendet. Der Patient wurde wieder in die liegende Position gebracht und der Kopf des Patienten wurde mit zwei Gel-Lagerungsringen in die Neutralposition gebracht. Danach wurde der Patient an das allgemein zur Narkoseeinleitung benötigte Überwachungsmonitoring in der OP-Einleitung angeschlossen. Hierzu zählen die oszillometrische Messung des Blutdrucks (RR), das EKG, inklusive ST-Streckenanalyse, die Pulsoxymetrie (pSaO₂) und das BIS-Monitoring. Die BIS-Elektrode (BIS-Sensor™, Aspect Medical Systems, USA) zur Messung des Bispektralindex konnte auf Grund der Oberflächenmarkierungen auf der Haut am Kopf des Patienten nicht ausreichend gut befestigt werden. Das BIS-Monitoring zur Überwachung der Narkosetiefe der Patienten konnte deshalb nicht zur Narkoseinduktion eingesetzt werden. Eine Messung des Bispektralindex beim Patienten erfolgte erst nach Intubation und Abschluss der Videomotionanalyse.

Des Weiteren wurde der zur Narkoseinduktion benötigte intravenöse Zugang gelegt und jeder Patient bekam vorab eine 500ml kristalloide Infusionslösung, z.B. Ringer (Ringer Lösung, B.Braun), intravenös appliziert. Bevor mit der Narkoseinduktion begonnen werden konnte, wurde noch einmal die korrekte Lagerung des Patienten in Neutral-Position des Kopfes auf dem OP-Tisch überprüft und die Videokamera standardisiert ausjustiert.

Der weitere Ablauf folgte dem allgemeingültigen Clinical Pathway der Narkoseeinleitung am Uniklinikum Marburg. Nach einer dreiminütigen Periode der Präoxygenation wurden den Patienten die zur Narkoseinduktion benötigten Medikamente (Opioid/ Hypnotikum) injiziert. Es wurde bei allen Patienten je nach Operation nach den internen SOP's (standard operating procedures) entweder Fentanyl (Fentanyl®-Janssen, PA.J. Janssen-Cilag) (1-2µg/kg) oder Sufentanil (Sufenta®, PA.J. Janssen-Cilag) (0,2-0,5µg/kg) als Opioid zur Narkose eingesetzt. Als Hypnotika wurden standardmäßig Propofol 1% (Propofol® 1%, Fresenius Kabi) (10 mg/kg/h) und zum Teil zusätzlich Midazolam (Dormicum®, Roche) (0.05 mg/kg) verwendet. Das Hypnotikum Propofol 1% wurde bei allen Patienten kontinuierlich über einen Perfusor mit der Laufrate 10 mg/kg/h bis zum Verlust des Bewusstseins injiziert. Nach Verlust des Bewusstseins wurde die kontinuierliche Dosis des Propofol 1% auf 3 mg/kg/h reduziert. Erst nach der Narkoseinduktion und mit Verlust des Bewusstseins wurde der Briefumschlag mit dem Randomisierungsstatus des Patienten geöffnet. Somit wurde sichergestellt, dass der Patient nicht erfährt, welcher Gruppe dieser im Randomisierungsverfahren zugeordnet wurde. Dies sicherte so durchgeführt die einfache Verblindung im Studiendesign. Der Randomisierungsstatus bestimmte die Methode, mit der ein Patient laryngoskopierte und intubiert wurde. Intubiert wurde entweder mittels konventioneller Laryngoskopie (Macintosh) (Kontrollgruppe, $N_{\text{Mac}}=30$) oder Videolaryngoskopie (GlideScope®) (Testgruppe, $N_{\text{GS}}=30$). Zudem wurde festgelegt, dass falls bei der Intubation mit der dem Patienten zugelosten Methode Schwierigkeiten auftreten, der zuständige Anästhesist den Intubationsversuch abbrechen und die Intubation mit der jeweils anderen Methode durchführen durfte. Nach der sichergestellten Maskenbeatmung mit 100% Sauerstoff erfolgte bei den Patienten die Muskelrelaxierung mit Rocuronium (Esmeron®, Essex Pharma) (Intubationsdosis, $2 \times \text{ED}_{95}$: 0,6mg/kg).

Nach einer dreiminütigen Maskenbeatmung nach der Relaxansgabe wurde kurz vor der bevorstehenden Laryngoskopie und Intubation von einem Studienmitarbeiter die Kameraaufnahme gestartet, die Neutralposition mit Hilfe der Lagerungskissen nach der Reklination durch die Maskenbeatmung wieder hergestellt und allgemein die Position von Patient, Oberflächenmarkierungen und Kamera ein letztes Mal überprüft. Dann konnte der zuständige Anästhesist anfangen, den Patienten aus der Neutral-

Position mit der, dem Patienten zugewandten Methode, schonend und ohne manuelle In-line-Stabilisierung (MILS) zu laryngoskopieren. Dieser Vorgang wurde bis zur erfolgreichen Intubation von der Videokamera aufgezeichnet. Die Intubation wurde in der Glidescope®-Gruppe unter Verwendung des GVL® der Größe 4 (102 mm Spatellänge, gemessen vom Handgriff zur Spitze) und immer mit dem dazugehörigen starren Führungsstab GlideRite® durchgeführt. In der Macintosh-Gruppe wurden die Macintosh-Spatel der Größe 3 und 4 (135 mm und 155 mm Spatellänge gesamt, inklusive Griff) verwendet. In beiden Gruppen wurde bei Frauen ein 7,5 mm Ø und bei Männern ein 8,5 mm Ø Endotrachealtubus mit low pressure, high volume Cuff (Super Safety; Rüsch, Kernen, Germany) eingesetzt.

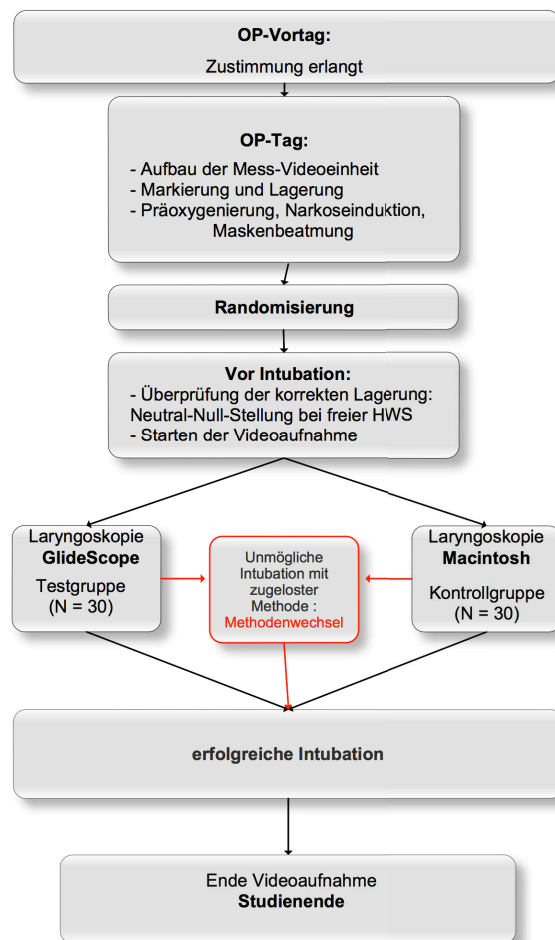


Abb. 12: Studienablauf

Der Endpunkt im Studienteil der Videomotionanalyse war die erfolgreiche Intubation und damit die Beendigung der seitlichen Videoaufnahme. Nach den letzten Maßnahmen am Studienpatient wurden von den Studienmitarbeitern das Case-Report-Form abschließend ausgefüllt und die Videoaufnahmen umgehend auf einem nur von Studienmitarbeitern zugänglichen Rechner gespeichert. Dann wurden aus den Videos je Patient zwei JPEG-Bilddateien erstellt (Neutralposition und Maximalreklination). Diese Bilder wurden zur Vermessung durch die unabhängigen Untersucher vom Studienmitarbeiter geschwärzt bzw. so verblindet. Im Anschluss wurden alle nummerierten JPEG-Bilddateien drei Untersuchern an einem Rechner vorgelegt und mit der oben beschriebenen Methode die Winkel vermessen.

Im Case-Report-Form wurden folgende Parameter erfasst:

- Gesamtdauer der Intervention am Patienten
- Intubationsdauer
- Intubationsversuche
- Methodenwechsel bei unmöglicher Intubation mit der zugelassenen Methode
- Berufserfahrung (größer oder kleiner zwei Jahren)
- GlideScope®-Vorerfahrung
(Übungsgrad mehr oder weniger als fünfmal erfolgreich eingesetzt)
- Allgemeine Daten zum Patienten: Geschlecht, Alter, BMI, Mallampati Status
- Unerwünschte Ereignisse und Studienabbruch

3.4 Statistische Verfahren

Die Fallzahlplanung stützte sich auf neun zunächst durchgeführte verwertbare Probemessungen in der OP-Einleitung von Hauptwinkel Alpha. Die klinischen Einzelbeobachtungen (fünf Messungen bei Intubationen durch Macintosh und vier Messungen bei Intubationen durch GlideScope®) ergaben einen Mittelwertunterschied der Winkeldifferenz für den Winkel Alpha von $4,1995^\circ$. Auf Grund des bereits erkennbaren Mittelwertunterschieds beider Methoden errechnete sich für zwei unabhängige, normalverteilte Stichproben mit einer Power (p) von 0,80 zur Entdeckung der Effektstärke von $\Delta = 4^\circ$, einem Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ und einer sicher gerundeten gemeinsamen Standarddeviation von 5° die Fallzahl von 25 Patienten pro Gruppe. Auf Grund der geringen Fallzahl erhielt diese Anzahl noch einen Aufschlag von vier Patienten für die Auswertung durch einen normalverteilten T-Test. Da die Datenauswertung später mit einem nicht parametrischen U-Test erfolgte, errechnete sich bei der Fallzahlberechnung ein weiterer Aufschlag von sechs Patienten auf die 54 Patienten. So ergab sich bei der Fallzahlplanung eine Anzahl von 60 Patienten insgesamt, sowie 30 Patienten pro Gruppe ohne Drop Outs. Die Fallzahlplanung erfolgte unter Mitwirkung des Instituts für Medizinische Biometrie und Epidemiologie (IMBE) der Universität Marburg.

Die Messergebnisse in beiden Gruppen, Testgruppe (GlideScope®) und Kontrollgruppe (Macintosh), wurden mit Hilfe von Mittelwerten \pm Standardabweichung und Medianen der einzelnen Winkeldifferenzen ausgedrückt. Die Auswertung und Signifikanzprüfung der gewonnenen Daten erfolgte nicht parametrisch mit einem Mediantest für k-unabhängige Stichproben und dem Mann-Whitney-U-Test für zwei unverbundene Stichproben. Ein p-Wert kleiner als 0.05 ist als statistisch signifikant betrachtet worden. Bei den Methodenwechseln wurden die größeren und somit schädlicheren Winkeldifferenzen in die Auswertung eingeschlossen. Hier wurde nach dem Prinzip des „Intention to harm“ verfahren. Die statistischen Tests wurden mit dem Programm SPSS 16.0 (©SPSS Inc. 1989) durchgeführt und mit Hilfe von Box-and-Whisker-Plots und kumulativen empirischen Verteilungsfunktionen graphisch dargestellt. Bei der Auswertung wurde das Projekt ebenfalls durch das Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie (IMBE) der Universität Marburg unterstützt.

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Das Projekt wurde zuvor der unabhängigen Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Universität Marburg vorgelegt. Nach positivem Ethikvotum vom 22.01.2008 der Ethikkommission in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki und der Fallzahlberechnung, wurden im Zeitraum von April 2008 bis November 2008 insgesamt 60 Patienten eingeschlossen. Die Alters-, Geschlechts- und BMI-Verteilung der untersuchten 60 Studienpatienten zeigen nachfolgend drei Diagramme in Abbildung 13.

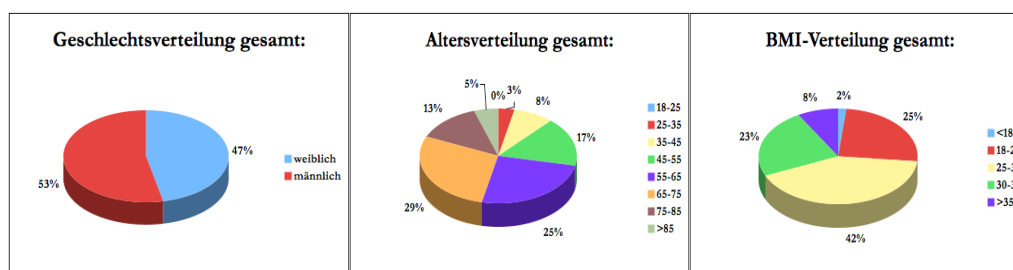


Abb. 13: Überblick Gesamtverteilung Geschlecht/ Alter/ BMI der Studienpopulation

Die Geschlechterverteilung (weiblich/männlich) war im Mittel 1 zu 1,7 in der Testgruppe (GlideScope®), gegenüber 1,3 zu 1 in der Kontrollgruppe (Macintosh) ($p = 0,125$). Die Altersverteilung war mit 61 Jahren (Testgruppe GlideScope®) und 63 Jahren (Kontrollgruppe Macintosh) in beiden Gruppen im Durchschnitt ähnlich ($p = 0,587$). Auch der durchschnittliche Bodymassindex (BMI) beider Gruppen war mit 28,8 (GlideScope®) und 28,3 (Macintosh) annähernd gleich ($p = 0,743$). Die Mallampati Klassifikation dient der Abschätzung des Schwierigkeitsgrades der endotrachealen Intubation und wurde sowohl bei den Studienpatienten in Test- und Kontrollgruppe bestimmt. In der GlideScope®-Gruppe gab es insgesamt sechs Patienten mit erwartet schwerer Intubation ($>$ Mallampati Grad II) gegenüber vier Patienten in der Kontrollgruppe. Die Verteilung des Mallampati Status der Studienpatienten insgesamt war in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,225$). Die Tabelle 2 auf der nachfolgenden Seite zeigt vergleichend zusammenfassend die Charakteristika des Patientenkollektivs der Testgruppe und der Kontrollgruppe.

Tabelle 2: Charakteristik Patientenkollektiv

Patientenkollektiv; Parameter	GlideScope®	Macintosh	Independent two-sample T-Test (p-value)
group (n)	30	30	
Sex (men:women)	13/17	19/11	0,125
Age (yr) mean \pm SD/ (range)	61 \pm 15 / (31-87)	63 \pm 12 / (36-87)	0,587
Weight (kg) mean \pm SD	82 \pm 17	84 \pm 12	0,516
Height (cm) mean \pm SD	169 \pm 9	172 \pm 8	0,099
Body Mass Index (kg m ⁻²) mean \pm SD	28,8 \pm 3,5	28,3 \pm 5,8	0,743
Mallampati Klassifikation (%):			0,225
I	5 (16,67)	9 (30,0)	
II	19 (63,33)	17 (56,67)	
> II	6 (20,0)	4 (13,33)	

Insgesamt wurden jeweils 30 Studienpatienten pro Gruppe in die Auswertung eingeschlossen. Neben den allgemeinen Daten wurden die Intubationszeiten, der Intubationserfolg und die maximalen Reklinationswinkel ausgewertet. Es wurden also 60 Videodaten vermessen und in die Auswertung der Studie eingeschlossen. Zunächst wurden aber 65 Videodatensätze aufgenommen und gewonnen. Diese fünf zusätzlichen Videodatensätze sind begründet, zum einen durch zwei unerwartete Drop Outs und zum anderen durch drei Methodenwechsel in der Gruppe der konventionellen Laryngoskopie.

Anfänglich gab es zwei Drop Outs auf Grund der schlechten Qualität der gewonnen Videoaufnahmen (falsche Kamerabedienung) und der hiermit eventuell verbundenen unsauberen, nicht korrekten Vermessung aller Winkel durch die Untersucher.

Deshalb schieden die Messungen Nr. 6 (Macintosh randomisiert) und Nr. 12 (Macintosh randomisiert) aus und wurden als JPEG-Bilddateien nicht vermessen bzw. diese Studienpatienten ausgeschlossen. Die Messungen wurden nicht verwertet und erneut der Randomisierung zugeführt, um die geforderte Fallzahl nicht zu unterschreiten.

In der Gruppe GlideScope® konnten jeweils alle mit der zugewiesenen Methode intubiert werden. Hier gab es keine Drop Outs. In der Gruppe der konventionellen Laryngoskopie waren, bei unmöglicher konventioneller Intubation, drei Methodenwechsel nötig. So fielen bei diesen drei Methodenwechseln neben den Videodaten für Laryngoskopie mit Macintosh auch Videodaten der Laryngoskopie mit dem GlideScope® an. Es kam an drei Studienpatienten zu einem direkten Vergleich und somit zu drei weiteren Videodatensätzen. Zunächst wurde nach dem Randomisierungsstatus die konventionelle Laryngoskopie mit erfolgloser Intubation durchgeführt, daraufhin die Videolaryngoskopie am gleichen Patienten mit anschließendem Intubationserfolg. Bei drei Studienpatienten der Mac-Gruppe (5% des Gesamtkollektivs, 10% der Kontrollgruppe Macintosh) erfolgte ein Wechsel auf die Videolaryngoskopie. Die maximalen Reklinationswinkel waren bei allen drei Direktvergleichen bei der Videolaryngoskopie geringer. Es wurde, wie im Statistikteil beschrieben, nach dem Prinzip „Intention to harm“ verfahren. Für die Auswertung wurden nur die größeren maximalen Reklinationswinkel der konventionellen Laryngoskopie in die Auswertung eingeschlossen.

Insgesamt haben 33 verschiedene Anästhesisten der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie am Uniklinikum Marburg die Intubationen durchgeführt. Die gesamte GlideScope®-Erfahrung aller teilnehmenden Anästhesisten waren im Mittel 10 erfolgreiche Intubationen (mean = 9,8667), wobei das GlideScope® seit einem Zeitraum von sechs Monaten vor dem Studienstart in der Klinik verfügbar war.

Um die Ergebnisse später in Bezug auf die Präklinik mit der unterschiedlichen Intubationserfahrung, Glidescope®-Vorerfahrung und Intubationsfertigkeit der Notärzte vor Ort interpretieren zu können, wurden zur Auswertung zwei Stratifizierungsmerkmale eingeführt. Der Ausbildungsgrad der teilnehmenden Anästhesisten wurde eingeteilt in mehr oder weniger als zwei Jahre Berufserfahrung in der Anästhesie (≤ 2 Jahre Anästhesie / > 2 Jahre Anästhesie). Ebenfalls wurde die Erfahrung mit

dem GlideScope® der teilnehmenden Anästhesisten unterteilt in zwei Gruppen. Anästhesisten mit weniger als fünf Einsätzen galten als wenig erfahren (low experience) und diejenigen mit mehr als fünf Einsätzen als erfahrener (more experience). Aus diesen Einteilungen wurden innerhalb der beiden Hauptgruppen (GlideScope® / Macintosh) Subgruppen gebildet und auch diese statistisch analysiert.

Bei allen 60 Intubationen (konventionell und videolaryngoskopisch) wurden die Intubationen 34-mal von GlideScope® erfahrenen Anästhesisten und 26-mal mit wenig bis keiner Glidescope®-Vorerfahrung durchgeführt. Auf Testgruppe und Kontrollgruppe teilte sich dies auf, 18 versus 12 in der Testgruppe und 16 versus 14 in der Kontrollgruppe. Der Mittelwertvergleich (mean \pm SD) Anzahl der Glidescope®-Vorerfahrung der Anästhesisten war mit $9,6 \pm 7,8$ in der Testgruppe und $10,1 \pm 9,7$ in der Kontrollgruppe nicht signifikant unterschiedlich. Den Vergleich zwischen der Testgruppe und der Kontrollgruppe in Bezug auf die Verteilung der Berufs-, sowie der Glidescope®-Erfahrung und Anzahl der Intubationsversuche fasst Tabelle 3 zusammen.

Tabelle 3: Allgemeine Daten: Berufserfahrung/ GlideScope®-Vorerfahrung in den Gruppen

Allgemeine Daten; Parameter	GlideScope®	Macintosh	T-Test (p-value)
GlideScope®-Vorerfahrung (x erfolgreiche Intubationen) mean \pm SD	9,63 \pm 7,775	10,1 \pm 9,707	0,838
GlideScope®-Vorerfahrung (low exp. / more exp.) mean \pm SD			
≤ 5 times uses = low exp. (stat. angenommener Wert = 1)	1,60 \pm 0,498	1,53 \pm 0,507	0,61
> 5 times uses = more exp. (stat. angenommener Wert = 2)			
Allgemeine Berufserfahrung der Intubierenden mean \pm SD			
≤ 2 Jahre Anästhesie (stat. angenommener Wert = 1)	1,60 \pm 0,498	1,70 \pm 0,466	0,425
> 2 Jahre Anästhesie (stat. angenommener Wert = 2)			
Intubationsversuche mean \pm SD/ (range)	1,03 \pm 0,183 / (1-2)	1,20 \pm 0,484 / (1-3)	0,86

Die Ergebnisse aus Tabelle 3 zeigen, dass es zwischen dem Kollektiv der Intubierenden in Kontroll- und Test-Gruppe keine Unterschiede gab. Die Verteilung der GlideScope®- und Berufs-Erfahrung der teilnehmenden Anästhesisten war in beiden Gruppen zufällig gleich.

4.2 Intubationszeiten und Intubationserfolg

Anhand der seitlichen Videoaufnahmen, die der Vermessung der maximal erzielten Reklinationswinkel dienten, konnten auch die einzelnen Intubationszeiten innerhalb der beiden Hauptgruppen und der gebildeten Subgruppen (Berufserfahrung und GlideScope®-Vorerfahrung) analysiert werden.

Tabelle 4: Intubationszeiten der einzelnen Gruppen

Intubationszeiten; Parameter	GlideScope® (median)	Macintosh (median)	Mann- Whitney-U- Test (p-value)
Hauptgruppenvergleich GS® / Mac (GlideScope® / Macintosh)	53 sec	24 sec	0,001

Intubationszeiten; Parameter	GS® low exp. (median)	GS® more exp. (median)	Mann- Whitney-U- Test (p-value)
Subgruppenvergleich GS® GlideScope®-Vorerfahrung (low exp. / more exp.)	61 sec	47 sec	0,014

Intubationszeiten; Parameter	GS® < 2 Jahre (median)	GS® > 2 Jahre (median)	Mann- Whitney-U- Test (p-value)
Subgruppenvergleich GS® Berufserfahrung (< 2 Jahre / > 2 Jahre)	55 sec	53 sec	0,639

Intubationszeiten; Parameter	GS® < 2 Jahre (median)	GS® > 2 Jahre (median)	Mann- Whitney-U- Test (p-value)
Subgruppenvergleich Mac Berufserfahrung (< 2 Jahre / > 2 Jahre)	33 sec	22 sec	0,002

In der Testgruppe GlideScope® wurden insgesamt signifikant längere Intubationszeiten gegenüber der konventionellen Intubation erzielt (GlideScope® im Median 53 sec. versus Macintosh im Median 24 sec.). Der nichtparametrische Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben im Vergleich der Mediane ist hier bei einem p-Value von 0,001 signifikant unterschiedlich. Der Boxplot aus nachfolgender Abbildung (Abb. 14) stellt dieses Ergebnis graphisch dar. Es ist zu sehen, dass in beiden Gruppen je zwei Ausreißer und in der Testgruppe GlideScope® zudem zwei Extremwerte zu verzeichnen waren. In der Kontrollgruppe Macintosh war die längste Intubationsdauer 75 Sekunden. In der Testgruppe GlideScope® hingegen gab es eine längere maximale Intubationsdauer (Extremwerte von 165 und 210 Sekunden). Diese Extremwerte wurden von Anästhesisten erzielt, die in einem Fall null und im anderen Fall gerade einmal sechs erfolgreiche Intubationen mit dem GlideScope® zuvor durchgeführt hatten.

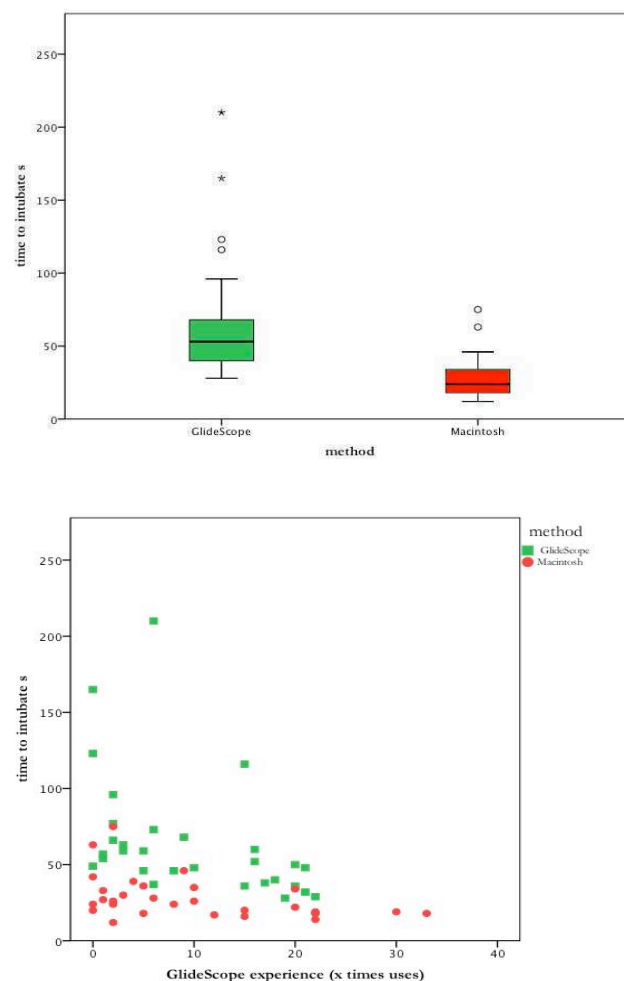


Abb. 14: Überblick Intubationsdauer Testgruppe (grün)/ Kontrollgruppe (rot)

Insgesamt kürzere Intubationszeiten wurden innerhalb der GlideScope®-Gruppe von den Anästhesisten erzielt, die mehr als fünf erfolgreiche Intubationen mit dem Videolaryngoskop hatten. Im Median wurden von den unerfahrenen Anästhesisten (low experience) Intubationszeiten von 61 Sekunden gegenüber 47 Sekunden bei den erfahrenen Anästhesisten (more experience) erzielt ($p = 0,014$). Die Intubationsdauer innerhalb der Testgruppe nahm mit dem Übungsgrad ab. Es war kein Unterschied bei Bezug auf die allgemeine Berufserfahrung der Anästhesisten innerhalb der Testgruppe festzustellen. Der Median bei Anästhesisten mit wenig Berufserfahrung (< 2 Jahre Anästhesie) ist mit 55 Sekunden gegenüber Anästhesisten mit größerer Berufserfahrung (> 2 Jahre Anästhesie) mit 53 Sekunden nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,639$). In der Kontrollgruppe wurde die Intubationsdauer ebenfalls in Bezug zur Berufserfahrung der Intubierenden analysiert. Es zeigte sich, dass Anästhesisten mit mehr als zwei Jahren Berufserfahrung signifikant schneller konventionell intubierten. Anästhesisten mit mehr als zwei Jahren Berufserfahrung benötigten im Median 20 Sekunden gegenüber 33 Sekunden zur erfolgreichen Intubation ($p = 0,002$).

Das Streudiagramm aus Abbildung 14 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Intubationszeiten zusammen und stellt diese graphisch dar. Auf dem Streudiagramm ist auf der x-Achse die GlideScope®-Vorerfahrung (Anzahl der bisherigen GlideScope®-Nutzung der einzelnen Anästhesisten) und auf der y-Achse die Intubationsdauer in Sekunden gegeneinander aufgetragen. Man erkennt dadurch sehr gut, dass die langen Intubationszeiten von denjenigen Anästhesisten mit weniger Erfahrung mit der Videolaryngoskopie erzielt wurden. Die Streuung der Werte (grüne Werte: GlideScope®) nimmt mit der Erfahrung ab. Zudem sieht man an den Intubationszeiten der Macintoshgruppe, dass die meisten Werte (rote Werte: Macintosh) im Bereich unterhalb der erzielten GlideScope®-Intubationszeiten angesiedelt sind. Insgesamt waren die Intubationszeiten in der Testgruppe GlideScope® länger, nahmen aber mit dem Übungsgrad des Intubierenden ab.

4.3 Maximale Reklinationswinkel

Wie im Abschnitt Material und Methoden beschrieben, wurden durch die vier Markierungspunkte und das digitale Raster vier Winkel gebildet und deren Winkeldiffe-

renzen zwischen Neutral-Null Position und maximaler Reklination bei der Intubation gemessen. Die maximalen Reklinationswinkel von Alpha (Hauptwinkel) und Delta (Referenzwinkel) wurden unabhängig von drei Untersuchern verblindet gemessen. Zur Auswertung wurde jeweils der Mittelwert für Alpha und Delta aus allen drei Messungen herangezogen. Die Winkel Beta und Gamma, die sich auf den Markierungspunkt über dem Processus spinosus des vierten Zervikalwirbels stützten, wurden letztendlich nicht dieser Reliabilitätsprüfung zugeführt, da schon in den Videos auffiel, dass dieser Punkt nicht immer eindeutig überlagerungsfrei blieb und genau zu vermessen war. Deshalb wurden die Winkel Gamma und Beta letztlich nur durch einen Untersucher unverblindet vermessen. Bei Winkel Alpha und Delta wurden zur Auswertung die Mittelwerte aus allen drei Messreihen genommen (Alpha: $a1+a2+a3/3$ und Delta: $d1+d2+d3/3$). Dieses war möglich, weil die Messreihen der jeweiligen Untersucher untereinander sich in den Mittelwerten und Medianen nicht signifikant unterschieden. Hierzu wurde zunächst ein Mittelwertvergleich zwischen den drei Messungen jeweils mit einem T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Das p-Value bei dem 2-seitigen Signifikanztest der Mittelwerte beider Gruppen (GlideScope® und Macintosh) war im Vergleich Untersucher 1 zu 2, Untersucher 1 zu 3 und Untersucher 2 zu 3 immer $> 0,05$ (bei Signifikanzniveau 0,05). Um herauszufinden, ob die Mediane mehrerer unabhängiger Stichproben (3 Untersuchungen) in der Grundgesamtheit den gleichen Median aufwiesen, wurde zudem ein Mediantest durchgeführt. Der Mediantest für Alpha und Delta, aufgeteilt jeweils in Median der Testgruppe und der Kontrollgruppe, hatte ein p-Value von 1,0 bei asymptotischem zweiseitigem Signifikanztest (bei Signifikanzniveau 0,05). Der Mediantest zeigt, dass die Mediane der Winkel Alpha und Delta in den Kategorien unabhängiger Untersucher (1-3) identisch sind. Wenn in nachfolgenden Ergebnissen von Winkel Alpha und Winkel Delta gesprochen wird, so ist immer der Mittelwerts-Winkel aus den drei Einzelmessungen gemeint (Alpha: $a1+a2+a3/3$ und Delta: $d1+d2+d3/3$). Bei den nicht parametrisch verteilten Daten wurden zur Auswertung immer der Median miteinander verglichen. Die Signifikanzprüfung erfolgte durchgängig mit dem Mann-Whitney-U-Test. Die Tabelle 5 im Anhang fasst die gesamten Ergebnisse der einzelnen gemessenen Winkel bei der Maximalreklination zusammen. Ein signifikantes p-Value der Ergebnisse ist in der Tabelle rot hervorgehoben.

4.3.1 Hauptwinkel Alpha

In den Hauptgruppen (n 30/30) war die Winkeldifferenz des Hauptwinkels Alpha im Median in der Testgruppe (GS) mit $11,8^\circ$ kleiner als in der Kontrollgruppe (Mac) $14,3^\circ$ ($p = 0,044$). Die Maximalwerte betrugen $19,2^\circ$ (GS) versus $29,3^\circ$ (Mac). Insgesamt wurden in der Testgruppe durch die Anästhesisten geringere Winkeldifferenzen von Hauptwinkel Alpha bei der maximalen Reklination unter der Intubation erzielt. Im Umkehrschluss bedeutet das für die Intubation mittels GlideScope® insgesamt signifikant eine geringere maximale Reklination an der nicht immobilisierten Halswirbelsäule durch den Behandler. Eine einfache geclusterte Einteilung der erzielten Winkeldifferenzen, unterschieden in Test und Kontrollgruppe zeigt, dass die größeren Winkeldifferenzen zuungunsten der Kontrollgruppe verschoben sind.

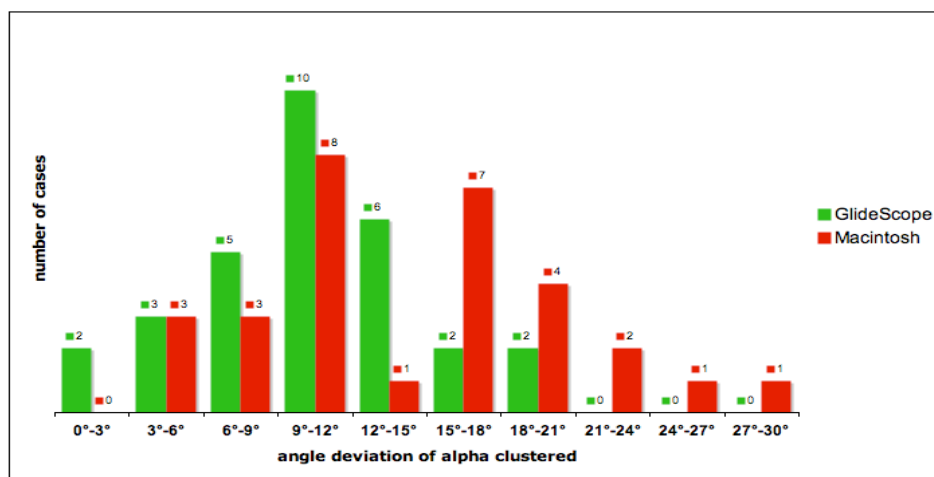


Abb. 15: Cluster erzielte Winkeldifferenzen von Alpha

Schaut man sich zudem bei Winkel Alpha die erzielten Winkeldifferenzen innerhalb der Testgruppe (GS) gebildeten Subgruppe (low experience/ more experience n 12/18) an, so zeigt sich folgendes Ergebnis. In der Subgruppe GS erzielten die GlideScope® erfahrenen (more experience) eine Winkeldifferenz von Alpha im Median von $10,3^\circ$ gegenüber den Unerfahrenen (low experience) $12,8^\circ$ ($p = 0,019$).

Die Maximalwerte betrugen 16,6° (GS more experience) und 19,2° (GS low experience). Daraus lässt sich schließen, dass Anästhesisten mit größerer GlideScope®-Vorerfahrung (> 5 mal) signifikant geringere maximale Reklinationswinkel bei der Intubation benötigten. Eine Vorerfahrung mit der GlideScope®-Technik verbessert die erzielten Werte zusätzlich.

4.3.2 Referenzwinkel Delta, Beta und Gamma

Die Ergebnisse von Winkel Alpha in den Hauptgruppen werden von den Ergebnissen des Referenzwinkels Delta nur teilweise bestätigt (siehe Tabelle 5 im Anhang). Die nur durch einen Untersucher unverblindet vermessenen maximalen Reklinationswinkel der Referenzwinkel Beta und Gamma konnten die Ergebnisse von Hauptwinkel Alpha und Referenzwinkel Delta nicht bestätigen. So zeigen diese gemessenen Winkeldifferenzen auf Grund methodischer Schwierigkeiten insgesamt keinen Gewinn für die Fragestellung der unterschiedlichen Maximalreklination zwischen den Methoden unter der Berücksichtigung von GlideScope®- und Berufserfahrung.

4.3.3 Auswirkung der Berufserfahrung

Im Gegensatz zur Auswirkung der Vorerfahrung mit dem GlideScope® innerhalb der GS Subgruppe auf die maximalen Reklinationswinkel während der Intubation, gaben die Ergebnisse keinen Hinweis auf den Einfluss der allgemeinen Berufserfahrung (< 2 Jahre/ > 2 Jahre). In der Subgruppenanalyse Mac (n 9/21) der konventionellen Laryngoskopie (Macintosh) war der Hauptwinkel Alpha und der Referenzwinkel Delta im Median in beiden Fällen nicht signifikant unterschiedlich ($p > 0,05$). Die Mediane z.B. von Alpha waren mit 15,6° (Mac < 2 Jahre Berufserfahrung) und 11,5° (Mac > 2 Jahre Berufserfahrung) unterschiedlich, konnten aber die geforderte U-Test Signifikanz nicht zeigen. Die Maximalwerte von Alpha betrugen 29,3° (Mac > 2 Berufserfahrung) und 20,3° (< 2 Berufserfahrung). Bei allen gemessenen Winkeldifferenzen Alpha bis Delta lässt sich in der Subgruppe Mac kein signifikanter Zusammenhang zwischen Berufserfahrung größer und kleiner zwei Jahren darstellen. Dies kann in der gebildeten Subgruppe daran liegen, dass die Anzahl der Intubierenden mit 9 Anästhesisten (< 2 Jahre) und 21 Anästhesisten (> 2 Jahre) mit der ohnehin schon geringen Fallzahl hier zu unausgewogen war. In der Subgruppenanalyse

GS (n 12/18) waren bei allen gemessenen Winkeldifferenzen keine Unterschiede zwischen den Anästhesisten mit mehr als zwei Jahren Berufserfahrung und denjenigen mit weniger Berufserfahrung zu finden. Beispielhaft zeigte sich am Hauptwinkel Alpha, dass die Mediane der Winkeldifferenzen bei Maximalreklination mit $11,9^\circ$ (< 2 Jahre) und $11,8^\circ$ (> 2 Jahre) gleich waren ($p = 0,983$). Neben der Winkeldifferenz des Winkels Alpha wiesen auch die anderen Winkeldifferenzen in dieser Subgruppenanalyse keinen signifikanten Unterschied in Abhängigkeit von Berufserfahrung auf.

Ein Einfluss der Berufserfahrung auf die Minderung der Maximalreklination, und somit einer potenziell schonenderen Intubation für die Halswirbelsäule, konnte mit den untersuchten Studienpatienten und teilnehmenden Anästhesisten jeweils für die Videolaryngoskopie und auch die konventionelle Laryngoskopie nicht gezeigt werden.

4.3.4 Kernergebnis maximale Reklinationswinkel

In der Abbildung 16 ist eine deskriptive statistische Darstellung der Winkeldifferenzen von Hauptwinkel Alpha in einer kumulierten relativen empirischen Verteilungsfunktion. Diese zeigt als kumulierte relative Häufigkeitsfunktion deutlich, dass die größeren Winkeldifferenzen von Alpha häufiger bei der Methode der konventionellen Laryngoskopie (Kontrollgruppe Mac) vorkommen. Die Funktion der Kontrollgruppe Macintosh ist in der Abbildung eindeutig gegenüber der Funktion der Testgruppe GlideScope® in Richtung der größeren Winkeldifferenzen verschoben.

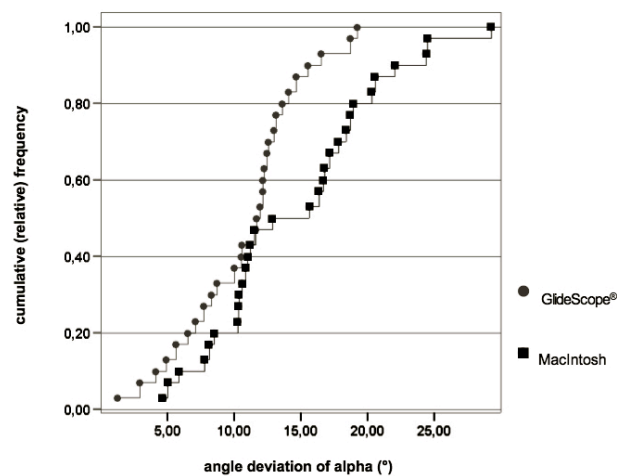


Abb. 16: empirische Verteilungsfunktion, kumulierte relative Häufigkeit Winkeldifferenz Alpha

Die Abbildung 17 fasst die wichtigsten Ergebnisse des untersuchten Hauptwinkels Alpha nochmals in einem Boxplot zusammen. Die Werte der Testgruppe (n 30), unterteilt in GS more experience (18) und GS low experience (n 12), sind mit der Kontrollgruppe in einem gruppierten Boxplot aufgetragen.

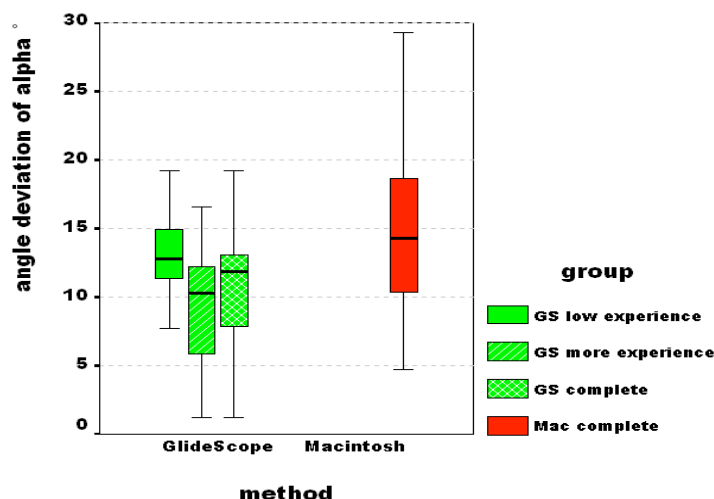


Abb. 17: Boxplot Ergebnisse Hauptwinkel Alpha Zusammenfassung

Diese beiden graphischen Darstellungen veranschaulichen nochmals sehr schön zusammenfassend, dass zum einen bei der konventionellen Laryngoskopie größere Winkeldifferenzen, sowie innerhalb der Testgruppe GlideScope® die größeren Winkeldifferenzen bei Maximalreklinaton von den Anästhesisten mit weniger GlideScope® Erfahrung (low experience, < 5 time uses) erzielt werden. Das Ergebnis von Hauptwinkel Alpha, auf dem die Fallzahlberechnung beruhte, untermauert die These, dass der Bewegungsumfang der Halswirbelsäule auf Grund der geringeren maximalen Reklinaton bei der Intubation mit dem GlideScope® geringer ist. Eine für die Halswirbelsäule schonendere Intubation mit dem GlideScope® durch seine veränderte Konzeption gegenüber der konventionellen Methode ist möglich. An Ergebnissen von Winkel Alpha und auch Delta sieht man, dass insgesamt die Maximalreklinaton unter Intubation signifikant zuungunsten der konventionellen Laryngoskopie verschoben ist.

5 Diskussion

5.1 Bewertung der Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss der Videolaryngoskopie in Vergleich zur konventionellen Laryngoskopie auf die HWS-Reklination ohne Immobilisation. Dabei konnte eine geringere Reklination beim Einsatz der Videolaryngoskopie festgestellt werden, was vorteilhaft bei der Notfallintubation von Patienten mit möglichem HWS-Trauma sein könnte. Vorerfahrungen in der Anwendung des Videolaryngoskopes reduzieren dabei die HWS-Reklination weiter.

5.2 Methodenkritik

Bewegungsstudien mit Markerverfolgung sind zum Beispiel im Zusammenhang mit der Auswertung von Crashtests bekannt. Hier werden einzelne Marker anhand von Bildsequenzen photogrammetrisch vermessen. Entweder in einer 2D-Vermessung anhand einer Kameraansicht, z.B. seitlich oder gar als 3D-Analyse anhand mehrerer Kameraansichten. Die Entwicklung und der Einsatz derartiger Analysensysteme bereicherte auch die klinische Untersuchung der Halswirbelsäulenbewegung. Einige Studien haben bis jetzt die Bandbreite der Halswirbelsäulenbewegung mit den verschiedensten nicht invasiven Techniken untersucht. Im Jahre 1998 untersuchte eine Arbeitsgruppe um Bulgheroni, M.V. *et al.* den Einsatz und die Reproduzierbarkeit einer 3D-Bewegungsanalyse. Bulgheroni, M.V. *et al.* kam zu dem Ergebnis, dass 3D-Analysen der Halswirbelsäulenbewegung nützlich, noninvasiv und gut reproduzierbar seien. Des Weiteren sei die Methode leicht in der klinischen Praxis einzusetzen, um Funktionsstörungen der Halswirbelsäule auszuwerten.(10) Karlqvist, L.K. *et al.* benutzten zum Beispiel ein computergestütztes 3D-Motionanalyse System, um die Haltung des Kopfes und der Halswirbelsäule am Computerarbeitsplatz zu untersuchen.(36) Sforza, C. *et al.* untersuchte an 70 gesunden Probanden den Effekt von Alter auf den Bewegungsumfang von Kopf und Halswirbelsäule mit speziellen Oberflächenmarkern und einer opto-elektronischen 3D-Analyse.(62)

Abgesehen von den radiologischen Motionanalysen, z.B. Durchleuchtung oder CT-gestützte Methodik, gewinnen in der klinischen Bewegungsforschung der Halswirbelsäule zunehmend non-invasive Messmethoden an Bedeutung.

Eine Analyse der Halswirbelsäulenbewegung kann also auch durch Markierungen spezieller Oberflächenpunkte an Kopf und Hals und einer Videoaufnahme erstellt werden. Eine aktuelle Arbeit untersuchte die Zuverlässigkeit solcher Oberflächenmarker bei videogestützter Bewegungsanalyse der Halswirbelsäule gegenüber knöchernen Markierungen bei seitlicher Durchleuchtung. Es konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass die radiologische Bewegungsanalyse einzelner zervikaler Segmente unter Durchleuchtung mit einer rein videogestützten Auswertung von Oberflächenmarkern korreliert.(72)

Eine Einschränkung der Ergebnisse der vorliegenden Studie ergibt sich dennoch aus der verwendeten Messmethode der Videomotionanalyse. Diese Studie hat mit den anderen Studien, auf radiographischer Messung beruhend, gemeinsam, dass die Bewegung nur in der sagittalen Ebene analysiert wurde. Die seitliche Beugebewegung wurde bei allen Studien vernachlässigt. Aus einem komplexen Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule unter der Intubation im dreidimensionalen Raum wurde auch in dieser Studie dieses Bewegungsausmaß auf eine Bewegung im zweidimensionalen Raum reduziert. Zudem können in dieser Studie durch die Methodik der Videomotionanalyse und der Nutzung von Oberflächenmarkern nicht die Details der exakten segmentalen Bewegung der einzelnen Dornfortsätze gezeigt werden, obwohl diese Methode radiographisch validiert wurde.(21, 72) Die messbaren größeren maximalen Reklinationswinkel anhand der Oberflächenmarker wurden mit vermehrter Halswirbelsäulenbewegung gleichgesetzt, ohne dass das genaue Ausmaß der Bewegung zwischen den einzelnen Segmenten der Halswirbelsäule detailliert dargestellt werden konnte.

Die Übertragbarkeit und die Genauigkeit der non-invasiven Messmethode, bedingt durch die angepasste Realisierung unter den Bedingungen einer kontrollierten klinischen Intubation in einer OP-Einleitung, limitiert die Ergebnisse. Dies zeigen ferner die Ergebnisse von Winkel Delta, Beta und Gamma, die auf Grund ihrer Ungenauigkeit keinen Gewinn für die Auswertung brachten. In den seitlichen Video-

aufnahmen waren nicht alle anatomischen Oberflächenmarker (fluoreszierender Marker über C4) zu jeder Zeit während des Reklinationsvorgangs eindeutig überlagerungsfrei. Oft wurde dieser Marker durch die Schultern und Weichteile bei der Reklinationsbewegung verdeckt. In der Vorgängerstudie von Robitaille *et al.* wurde ebenfalls selbstkritisch festgestellt und beschrieben, dass mit den radiologischen Messmethoden die inferiore Bewegung der Segmente C5 bis C7 nicht immer einwandfrei in der seitlichen Durchleuchtung zu beurteilen war, hier bedingt durch die Überlagerung durch knöcherne Strukturen der Schulter.⁽⁵⁵⁾ Die Messung der Winkeldifferenzen wurde durch die verblindete Vermessung der Winkel Alpha und Delta durch drei unabhängige Untersucher zwar reliabler gemacht, es bleibt jedoch selbstkritisch anzumerken, dass die Erstellung der Bilderfolge, die zur Vermessung der Winkel vorgelegt wurde, von einem Mitarbeiter erstellt wurde, und somit vorselektiert war. Dies kann einen weiteren methodischen Fehler darstellen, womit die Ergebnisse der Messung einem gewissen Bias unterliegen.

Dennoch könnte es von Vorteil sein auch in weiteren Untersuchungen die Halswirbelsäulenbewegung weiterhin videografisch zu vergleichen. Vorteile der videographischen Vergleiche können zum einen die einfache experimentelle Installation und zum anderen der Verzicht auf Röntgenstrahlung für Prüfer und Patient sein. Dieses vereinfachte Setting kann so bei weiteren Untersuchungen die Fallzahl erhöhen und die Wiederholung dieser Art Versuche vereinfachen.

Eine weitere Einschränkung dieser Studie kann die gewählte höhere Anzahl der teilnehmenden Anästhesisten mit verschiedener Methoden- und Berufserfahrung sein. Zwischen den Gruppen gab es zwar in dieser Arbeit zufällig keinen Unterschied in der Verteilung der Methoden- und Berufserfahrung. Im Umkehrschluss ist aber die Übertragbarkeit des Settings für eine realistische Notfallintubation erhöht. Im präklinischen Kontext haben nicht alle Notärzte die gleiche Intubations-, bzw. Methodenerfahrung mit der Videolaryngoskopie. Trotz der gewählten Variabilität der Intubierenden konnte gezeigt werden, dass die maximalen Reklinationswinkel bei der Videolaryngoskopie signifikant geringer sind und die Reklination unter der Intubation reduziert werden kann.

Ein weiterer Kritikpunkt an den Studienergebnissen kann sein, dass hier wie in allen Vorgängerstudien sonst keine manuelle In-Line Stabilisierung (MILS) der Halswirbelsäule stattfand. Die teilnehmenden Anästhesisten wurden, wie oben im Studienablauf beschrieben, lediglich angehalten aus der Neutral-Null Position der Halswirbelsäule möglichst mit wenig Reklination schonend zu intubieren. Durch Verzicht auf die In-Line Stabilisierung (MILS) wurde aber beispielsweise auch eine zusätzliche Bewegung auf die Halswirbelsäule durch ein solches Manöver reduziert. Vielleicht wäre insgesamt der Unterschied der Winkeldifferenzen mit Hilfe der manuellen In-line Stabilisierung (MILS) noch geringer.

Wie einleitend bereits erwähnt, ist die manuelle In-Line Stabilisierung (MILS) nicht rein evidenzbasiert und stützt sich eher auf Fallberichte, Versuche an Leichen und nur vereinzelte Studien an Probanden. Bisher fehlten hier gute große randomisierte Studien. Der Nutzen der manuellen In-Line Stabilisierung wird derzeit von den Experten selbst strittig diskutiert. So gibt es mittlerweile auch aktuelle Studien, die den positiven Effekt der manuellen Inline-Stabilisierung (MILS) in Frage stellen.(57, 64, 67)

Santoni, B.G. *et al.* untersuchten 2009 beispielsweise den aufgewendeten Spateldruck auf das Gewebe der oberen Atemwege bei Intubationen mit und ohne MILS. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei einer zervikalen Instabilität durch MILS die Visualisierung der glottischen Ebene verschlechtert wird und sekundär auch mehr Druck auf das Gewebe bei der Laryngoskopie unter MILS angewendet werden muss, was sekundär wieder zu einer erhöhten pathologischen cranio-zervikale Bewegung führen kann.(57) Turner, C.R. *et al.* und Thiboutet, F. *et al.* kommen in ihren kürzlich erschienen Studien ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die manuelle In-Line Stabilisierung (MILS) bei der Intubation der Patienten mit potentielltem Halswirbelsäulentrauma durch die verschlechterte Sicht von Nachteil ist und daher eher in einer höheren cranio-zervikalen Bewegung unter Intubation resultiert.(64, 67)

5.3 Diskussion der Ergebnisse im Kontext der Literatur

Die moderne Videolaryngoskopie, besonders das GlideScope[®], ist ein in der neueren Literatur sehr gut untersuchtes Tool im Bezug auf den schwierigen Atemweg und die bessere Sicht auf die Glottis im Vergleich zur herkömmlichen Laryngoskopie mit dem Macintosh Spatel.(15, 58, 61)

Bezüglich des Intubationserfolgs und Videolaryngoskopie verfügt das GildeScope[®] gegenwärtig über die umfassendste Studienlage. Sowohl bei Kindern(38) wie auch bei schwierigem Atemweg(61) und bei Anwendung durch untrainiertes medizinisches Personal(6) war die Erfolgsrate der Intubation höher als bei Anwendung der herkömmlichen, direkten Laryngoskopie. Die Anwendung der Videolaryngoskopie bei der Notfall-Intubation verspricht auch mit geringer Vorerfahrung hohe Erfolgsraten.(37, 51, 53, 59)

Die Videolaryngoskopie ist unter anderem auch für den prähospitalen Einsatz geeignet.(43) Hier ist der Einsatz der Videolaryngoskopie günstig, weil bei geringem Platzbedarf während der Intubation, zum Beispiel auf einem Notfall- oder Intensiv-Transport oder bei eingeklemmten Patienten, eine Intubation möglich ist. Eine direkte Sicht auf die Glottis ist für die Intubation nicht notwendig.(50)



Abb. 18: Bsp. Originalaufnahmen einer präklinischen Intubation eines Polytraumas mit vermutetem HWS-Trauma mittels GlideScope Ranger[®] unter HWS-Immobilisierung : 1) HWS-Immobilisation und O₂-Insufflation

Eine große aktuelle Studie von Wayne, M.A. *et al.* untersucht den Einsatz des GlideScope Ranger[®], das extra für den prähospitalen Einsatz designiert wurde, an einem Großen Kollektiv von über 600 Patienten. In dieser Studie wurden die Anzahl der Intubationserfolge, die Intubationsversuche, die Intubationszeiten und Komplikationen zwischen konventioneller und videolaryngoskopischer Laryngoskopie miteinander verglichen. Der Intubationserfolg lag in dieser großangelegten Studie bei 97% mittels GlideScope Ranger[®] gegenüber 95% bei der konventionellen Laryngoskopie. In dieser Arbeit bei deutlich kleinerem Patientenkollektiv (n= 60) lag der Intubationserfolg bei 100%. Insgesamt unterstreicht dies den hohen Intubationserfolg der Videolaryngoskopie gegenüber der konventionellen Methode. Die Autoren schlussfolgern auf Grund ihrer Ergebnisse, dass die Anzahl der Intubationsversuche signifikant durch die Videolaryngoskopie reduziert werden kann, bei insgesamt hohem Intubationserfolg.(69) Diese Aussage unterstützt den prähospitalen Einsatz der Videolaryngoskopie.

Die Videolaryngoskopie hatte in dieser Studie verglichen mit der konventionellen Intubation signifikant längere Intubationszeiten zu verzeichnen (GlideScope[®] im Median 53 Sekunden versus Macintosh im Median 24 Sekunden). Die längsten Intubationszeiten wurden hierbei durch Ungeübte in der Videolaryngoskopie verursacht (Median 61 Sekunden/ Extremwerte 165 Sekunden und 210 Sekunden Subgruppe GlideScope[®] low experience). Dieses könnte ein Nachteil bei der prähospitalen Notfallintubation sein, da eine verlängerte Intubationszeit mit einem erhöhten Risiko einer Aspiration zu sehen ist. Drei Patienten konnten jedoch mit der konventionellen Methode gar nicht intubiert werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Intubationszeiten sich zwar insgesamt verlängern, sich aber beim schwierigen Atemweg relativieren. Jede Notfallintubation ist als schwieriger Atemweg anzusehen, besonders bei Verdacht auf ein Halswirbelsäulentrauma. Wie die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, verkürzen sich die Intubationszeiten mittels Videolaryngoskopie mit höherem Übungsgrad. Diese Aussagen werden neben den Ergebnissen in dieser Studie durch die Ergebnisse in den Arbeiten von Bathory *et al.*, Lim, Y. *et al* und Wayne, M.A. *et al* gestützt.(5, 43, 44, 69)

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Videolaryngoskopie (GlideScope[®]) gegenüber der konventionellen Laryngoskopie (Macintosh) signifikant weni-

ger Halswirbelsäulenbewegung bei der Intubation verursacht. Methodenerfahrene hatten gegenüber unerfahrenen Anästhesisten insgesamt kürzere Intubationszeiten und kamen bei der Intubation mit weniger Reklination aus. Bei einem Unfallmechanismus, bei dem von einer Beteiligung der Halswirbelsäule und entsprechender Verletzung ausgegangen werden muss (z.B. jegliches Akzelerations- bzw. Dezelerationstrauma), ist die Maßgabe, eine notwendige Intubation in diesem Fall immer ohne Reklination bzw. Überstrecken des Kopfes durchzuführen.

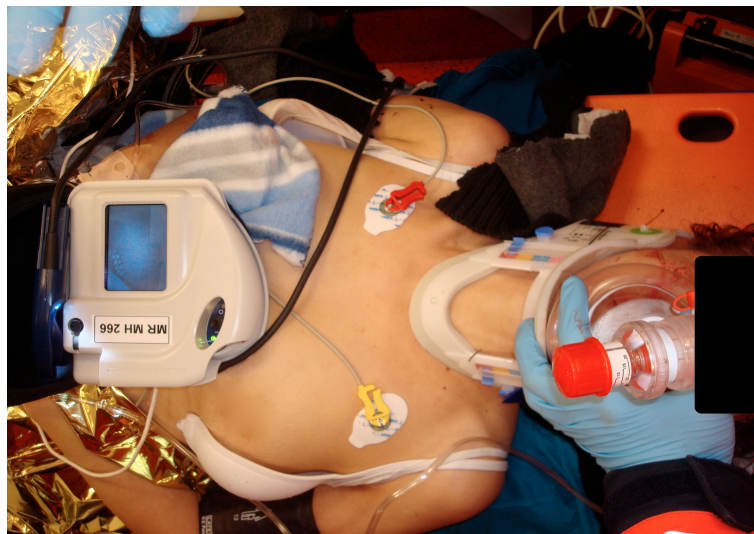


Abb. 19: Bsp. Originalaufnahmen einer präklinischen Intubation eines Polytraumas mit vermutetem HWS-Trauma mittels GlideScope Ranger® unter HWS-Immobilisierung : 2) Vorsichtige Maskenbeatmung bei angelegter HWS-Immobilisation

Diese Vorgehensweise führt zwangsweise häufig zu einer schwierigeren oder sogar unmöglichen direkten Laryngoskopie. Bei bekanntem Halswirbelsäulentrauma sollte deshalb primär eine fiberoptische Wachintubation durchgeführt werden, bei der eine Reklination des Kopfes immer verhindert werden kann.(27, 49) Die fiberoptische Intubation bei Trauma-Patienten mit unbekanntem Halswirbelsäulenstatus oder mit gesicherter Halswirbelsäulenverletzung wird von vielen Autoren über die Jahre als das sicherste Verfahren und somit zum Goldstandard erklärt.(8, 11, 49) Der flächendeckende Einsatz der fiberoptischen Intubation ist präklinisch nicht durchführbar und ist daher eher dem klinischen Setting z.B. in einer Notaufnahme oder dem OP vorbehalten. Mit der neueren Entwicklung der Videolaryngoskopie und weiterer optischer Tools gibt es aber bei der präklinischen Notfallintubation überdies die Emp-

fehlung des primären Einsatzes anderer optischer Geräte bzw. der Videolaryngoskopie, wobei die persönliche Erfahrung des Anwenders der Schlüssel zu einer erfolgreichen Strategie im Notfall ist.(7)

Diese Empfehlung beruht auf den Ergebnissen mehrerer neuerer Studien auf dem Gebiet der Videolaryngoskopie. Zum Beispiel bei Patienten mit reduzierter Halswirbelsäulenbewegung auf Grund eines Morbus Bechterew(24) manueller Immobilisation(25) oder Immobilisation mittels Cervicalstütze(1) ist der Einsatz untersucht und sieht die Vorteile bei der Intubation zu Gunsten der Videolaryngoskopie. Enomoto, Y. *et al.* zeigten 2008, dass die Videolaryngoskopie mittels Airway-Scope (AWS)[®], eine bessere Sicht auf die Glottis ermöglicht und die Erfolgsrate bei der Intubation bei Patienten mit manueller Inline-Stabilisierung der Halswirbelsäule verbessert wird.(25, 26)

Malik *et al.* verglichen Macintosh, GlideScope[®], Truview EVO₂[®] und das Airway-Scope (AWS)[®] an 120 Patienten mit immobilisierter Halswirbelsäule. In dieser Studie wurden im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit die Intubationen von nur drei Anästhesisten mit gleichartiger Methodenerfahrung aller eingesetzten Laryngoskope durchgeführt. Sie untersuchten die direkte Sichtbarkeit der Glottisebene nach dem Cormack und Lehane Score, Intubationszeiten und den Bedarf an Optimierungsmanövern unter Intubation mit dem jeweiligen Tool. Die Halswirbelsäulenbewegung wurde in dieser Studie nicht gemessen. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass das GlideScope[®] gegenüber der konventionellen Laryngoskopie Macintosh den Cormack und Lehane Grad verbessert und die Zahl der Optimierungsmanöver verringert. Dennoch benötigt eine Intubation durchschnittlich auch beim Geüben eine längere Intubationsdauer. Die Autoren nehmen durch die Erfahrungen in ihrer Untersuchung an, dass die verlängerten Intubationszeiten aus der Schwierigkeit entstehen, den Tubus entlang des veränderten Laryngoskops (60° Krümmung des Spatels vorne) zu steuern und zwischen den Stimmlippen richtig zu platzieren, trotz guter Sichtverhältnisse auf die Glottis. Deshalb empfehlen Sie, wie die Erstuntersucher (15, 63) des GlideScopes[®] den Einsatz eines passenden rigiden Führungsstabes mit „hockey-stick“ geformter Krümmung (GlideRite[®]). Trotzdem war das GlideScope[®] in ihrer Studie das einzige Tool, bei dem alle trachealen Intubationen auf Anhieb erfolgreich waren.(47)

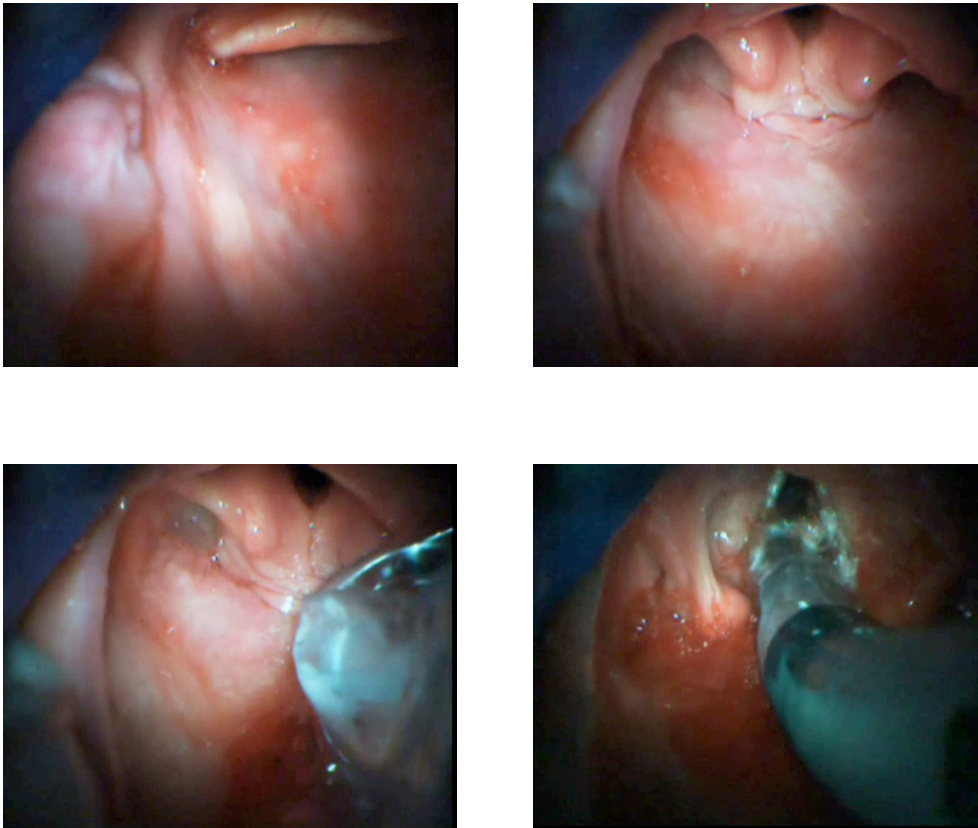


Abb. 20: Bsp. dazugehörige Bilderfolge aus dem Originalvideo der videolaryngoskopischen Intubation mittels GlideScope Ranger® unter HWS-Immobilisierung der polytraumatisierten Patientin

Lim, Y. *et al.* zeigten an einem Patientensimulator bei simuliert schwierigen und leichten Intubationsbedingungen, dass geübte Anästhesisten beim simulierten schwierigen Atemweg signifikant mehr Zeit für die Intubation brauchten, wenn diese konventionell laryngoskopierten (71 Macintosh vs 24 Sekunden GlideScope®). Bei dem leichten Atemweg zeigte sich jedoch eine verlängerte Intubationszeit mit der GlideScope®-Videolaryngoskopie.(44)

Bathory, I. *et al.* konnten bei 50 Patienten mit Halswirbelsäulenimmobilisation mit einer Halskrause und somit erschwerten Reklinations- und Intubationsbedingungen ebenfalls zeigen, dass die Sicht auf die Stimmklappenbahn verbessert wird.(5) Die hier erzielten Ergebnisse der Intubationszeiten für das GlideScope® waren im Median 50 Sekunden. Die Ergebnisse von Bathory *et al.* decken sich mit den Ergebnissen der Intubationszeiten in der vorliegenden Arbeit mit dem Median von 53 Sekunden.

Insgesamt zeigen sich zwar durchweg in der Literatur bessere Intubationsbedingungen, jedoch bei verlängerten Intubationszeiten, die sich beim schwierigen Atemweg jedoch zu Gunsten der GlideScope® Videolaryngoskopie umkehren und zu relativieren scheinen.

Die erste Untersuchung zum Thema Videolaryngoskopie und Bewegungsanalyse der Halswirbelsäulenreklinationswinkel wurde 2005 von Turkstra, T.P. *et al.* veröffentlicht. In dieser Arbeit wurde die Halswirbelsäulenbewegung zwischen GlideScope®, Lightwand Stylet (Trachlight®) mit einer radiographischen Messmethode unter dem C-Bogen mit seitlicher Durchleuchtung verglichen. Im Gegensatz zu unserer Studie wurden die Intubationen hier nur von einer Person durchgeführt. Zudem war der Kopf bei der Intubation in Neutralposition fixiert und befand sich nicht wie in der vorliegenden Arbeit in ungesicherter Neutralposition. Insgesamt wurden nur 18 Studienpatienten in den Untersuchungsgruppen Videolaryngoskopie versus konventioneller Laryngoskopie miteinander verglichen. Alles in allem war die Fallzahl im Untersuchungszweig Videolaryngoskopie etwas kleiner als in der hier vorliegenden Arbeit. Im Versuchsaufbau von Turkstra, T.P. *et al.* wurden bei jedem Studienpatienten beide Techniken hintereinander eingesetzt. Die Intubation erfolgte nur beim zweiten Versuch. Sie vermaßen an Hand von seitlicher Durchleuchtung die Reklinationswinkel vertebraler Bezugslinien zwischen knöchernen Strukturen. Die für die GlideScope® Intubation benötigte der Untersucher im Schnitt 60% längere Intubationszeiten. Die Autoren konnten in ihrer Studie mit ihrer Messmethode zeigen, dass die Halswirbelsäulenbewegung im unteren Abschnitt der Halswirbelsäule um 50% reduziert werden kann bei einer Intubation mit dem GlideScope®. Sie konnten jedoch an der fixierten Halswirbelsäule keine erhöhte Bewegung der Halswirbelsäule durch die Reklination bei Intubation zeigen. Die höchste Gradabweichung zum Beispiel bei der Extension im Gelenk zwischen Occiput und Halswirbelkörper C1 war bei Turkstra, T.P. *et al.* 23° mittels konventioneller Technik und 20° mittels GlideScope®. Die maximalen Reklinationswinkel von Hauptwinkel Alpha waren in dieser Studie 19° mittels GlideScope® und 29° mittels konventioneller Technik.

Die Ergebnisse dieser Studie sind jedoch schwer mit jener vergleichbar, da in dieser Arbeit eine andere Ausgangslage bei Intubation (keine Fixierung der Halswirbelsäule) vorherrschte und zudem eine andere Messmethode angewendet wurde.



Abb. 21: Bsp. Originalaufnahmen einer präklinischen Intubation eines Polytraumas mit vermutetem HWS-Trauma mittels GlideScope Ranger® unter HWS-Immobilisierung : 3) erfolgreiche Intubation und Beatmung

Die Autoren um Turkstra, T.P. *et al.* diskutierten, dass die ähnlich starken Reklinationsbewegungen, gezeigt durch radiographische Messung, in den oberen Abschnitten der Halswirbelsäule aus der Manipulation, das GlideScope® bei fixierter Halswirbelsäule richtig einzuführen und zu positionieren zu Stande kamen.(66)

Im Jahr 2008 wurde durch Robitaille, A. *et al.* eine weitere Arbeit zu diesem Thema veröffentlicht. Die Autoren kommen hier zu dem Schluss, dass es zwar eine bessere Sicht unter „manueller-InLine“-Stabilisierung (MILS) bei der Intubation mittels GlideScope® gibt, aber keine signifikante Reduktion der Bewegung an der nicht verletzten Halswirbelsäule.(55) Auch hier wurden wieder beide Techniken hintereinander an 20 Patienten ausgeführt. Gemessen wurde zum einen der Cormack und Lehane Grad bei Intubation und ebenfalls eine unter Durchleuchtung mittels C-Bogen gemessene Bewegung der Halswirbelsäule. Alle Intubationen der Studienpatienten wurden durch zwei Untersucher mit der Erfahrung in beiden Techniken größer 30 Einsätze durchgeführt. Das Ergebnis dieser Studie unterliegt aber auch einem methodischen Fehler bezüglich der Vermessung der Reklination in den Röntgenaufnahmen. Denn wenn die standardisierten, festgelegten Referenzpunkte in den radiographischen Aufnah-

men unter Intubation nicht vermessen werden konnten, wurden bei anatomischen Varietäten oder schlechten Aufnahmebedingungen einfach von Fall zu Fall durch den analysierenden Radiologen alternative Referenzpunkte gewählt und diese zur Vermessung der Reklination herangezogen.

Erst eine neuere Studie von Wong, D.M. *et al.* aus dem Jahre 2009 untersuchte als erste die Halswirbelsäulenbewegung an der nicht immobilisierten Halswirbelsäule. Ähnlich wie in dieser Arbeit wurden keine manuelle Fixierung oder Fixierung durch eine Halskrause angelegt und mit der Vorgabe, möglichst jede Kopfbewegung und Reklination zu vermeiden, intubiert. Die Intubation wurde aus der Neutralposition an der freien Halswirbelsäule durchgeführt. Allerdings wurden hier das GlideScope® und die fiberoptische Intubation mit dem flexiblen Bronchoskop verglichen. Alle Intubationen wurden von zwei erfahrenen Anästhesisten an 28 randomisierten Patienten durchgeführt. Die methodische Qualität der radiographischen Auswertung ist größer als bei Turkstra, T.P. *et al.* und Robitaille, A. *et al.*, da Vermessung der Reklinationswinkel an Hand der Röntgenaufnahmen von zwei unabhängigen Untersuchern durchgeführt wurde. In dieser Arbeit wurde die Qualität der Vermessung der Reklinationswinkel Winkel Alpha und Delta bei der Videomotionanalyse ebenfalls durch den Einsatz dreier, unabhängiger und verblindeter Untersucher erhöht. Selbstverständlich ist es in allen Studien nicht möglich zu verhindern, dass der Laryngoskopierende weiß, welche Technik verwendet wird. Durch diese Tatsache ist ein Bias in allen Studien, auch in dieser, nicht ausgeschlossen. Das GlideScope® zeigt gegenüber der von Wong, D.M. *et al.* verwendeten, radiographischen Messung für alle berechneten Winkel ein signifikant größeres Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule.(71) Diese Ergebnisse bestätigten so den Stellenwert der fiberoptischen Intubation gegenüber der modernen Videolaryngoskopie bei der schonenden Intubation bei vermutetem Halswirbelsäulentrauma. Die fiberoptische Intubation ist freilich nur in der klinischen Versorgung wirklich einsetzbar und bedarf ebenso eines geübten Anästhesisten, damit diese Vorzüge zur Geltung kommen. Sie konnte sich deshalb bei der präklinischen Notfallintubation mit vermuteter Halswirbelsäulenschädigung nicht durchsetzen. Allerdings bleibt zudem zu erwähnen, dass in dieser Studie von Wong, D.M. *et al.* die Patienten mit erwartetem schwierigem Atemweg ausgeschlossen wurden, um die Gruppenheterogenität zu wahren und Bestrahlungszeiten durch längere Intubations-

zeiten zu vermeiden. Dieses selektive Kollektiv macht die Übertragbarkeit auf die Allgemeinheit schwieriger. In der vorliegenden Arbeit mit zufälliger Verteilung der schwierigen Atemwege in beiden Gruppen war zum Beispiel bei drei Studienpatienten der Mac-Gruppe (5% des Gesamtkollektivs, 10% der Kontrollgruppe Macintosh) der Wechsel auf die Videolaryngoskopie wegen unmöglicher Intubation mit der ursprünglich zugelosten Methode nötig. In der GlideScope® Gruppe jedoch konnten, ähnlich dem Ergebnis von Malik et al., alle Patienten ohne einen Methodenwechsel in angemessener Zeit intubiert werden.

Studien, die eine kontinuierliche radiographische Messmethode verwendeten, konnten an der immobilisierten Halswirbelsäule keine Reduktion der Halswirbelsäulenbewegung beim Vergleich Macintosh und GlideScope® zeigen. Andere Studien bestätigen dagegen die verbesserte Sicht auf die Glottis in solchen Szenarien. Deshalb scheint der Einsatz auf Grund der Ergebnisse dieser Arbeit und im Gesamtblick auf die vorangegangenen Arbeiten dennoch empfehlenswert.

5.4 Zusammenfassende Bewertung

Insgesamt lässt sich konstatieren, dass es schwierig ist, die bisherigen Studien zur Halswirbelsäulenbewegung und Videolaryngoskopie auf Grund der verschiedenen benutzten videounterstützten Laryngoskope und der nicht einheitlichen Messmethoden zu vergleichen. Darüber hinaus gilt es zu bedenken, dass eine klinisch gezeigte, signifikante und individuell erhöhte Halswirbelsäulenbewegung bei einem Patienten nicht ohne Weiteres auf einen anderen Patienten übertragen werden darf und ein potenzieller Schaden dadurch für diese ab einem bestimmten Winkel vorhersagbar wird. Allen bisherigen Studien zum Effekt der verschiedenen Tools für die Intubation auf die Halswirbelsäulenbewegung ist gemeinsam, dass diese Untersuchungen als Modell bei gesunden Patienten durchgeführt wurden und deren Ergebnisse auf die instabile Halswirbelsäule übertragen werden. Hier gilt, dass die Bewegung einer gesunden Halswirbelsäule der Bewegung an einer verletzten, instabilen Halswirbelsäule nicht so einfach gleichzusetzen ist und mit diesem Modell genaue Voraussagen gemacht werden können. Bei verletzten Patienten mit Beteiligung der Halswirbelsäule gibt es durch hämodynamische Instabilität, beginnendes Weichteilödem eine verän-

dernten mechanischen Effekt der Halswirbelsäulenbewegung auf Schäden des Nervengewebes. Es bleibt die Frage des Schwellenwertes einer Schädigung von Nervengewebe durch Reklination an der verletzten Halswirbelsäule. So bleibt auch das Credo bestehen, möglichst wenig Halswirbelsäulenbewegung bei der Intubation bei potenziellen Halswirbelsäulenschäden zu verursachen. In diesem Zusammenhang scheint das Dogma der manuellen In-Line Stabilisierung (MILS) bei der Intubation Halswirbelsäulenverletzter auch auf Grund des Einsatzes der modernen Videolaryngoskopie zu bröckeln. Ebenso bestehen für eine Intubation beim „schwierigen Atemweg“ in der prähospitalen Phase die zwei wichtigsten Faktoren, zum einen die Entscheidungsfindung und zum anderen die Vorerfahrung des Intubierenden mit dem gewählten Hilfsmittel. Diese Arbeit ist zunächst als ein weiterer Mosaikstein zu bewerten, der den zukünftigen Einsatz der Videolaryngoskopie vor allem präklinisch unterstützt.

5.5 Schlussfolgerung und Ausblick

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit, dass die Maximalreklination unter Intubation zuungunsten der konventionellen Laryngoskopie verschoben ist. Die Videolaryngoskopie reduziert die Reklination signifikant und eine Vorerfahrung mit der Technik verbessert diese Werte zusätzlich. Die Videolaryngoskopie kann demzufolge präklinisch eingesetzt werden, um bei möglichem Halswirbelsäulentrauma Sekundärschäden durch die Intubation zu vermeiden.

Als Ausblick bleibt neben den Ergebnissen dieser noninvasiven Messung der Halswirbelsäulenreklination bei der Intubation mittels konventioneller Laryngoskopie und Videolaryngoskopie festzustellen, dass auf dem schwierigen Untersuchungsfeld der Bewegungsanalyse unter Intubation weitere ähnliche noninvasive Bewegungsanalysen mit größerer Fallzahl angebracht wären. Hierbei wäre es jedoch wünschenswert, dass es ein einheitliches genaues Messmodell gibt, um die teilweise kontroversen Ergebnisse besser einordnen zu können. Abschließend lässt sich festhalten, dass insgesamt aufgrund der ubiquitären Anwendbarkeit der Routine-Einsatz der Videolaryngoskopie in der Notfall- und Intensivmedizin empfehlenswert erscheint.

6 Zusammenfassung

6.1 Deutsche Zusammenfassung

Gegenstand: Die Intubation bei Halswirbelsäulentrauma sollte präklinisch unter bestmöglicher Immobilisation erfolgen. Der Nutzen der modernen Videolaryngoskopie wird in diesem Zusammenhang aktuell kontrovers diskutiert. Vorliegende Arbeit vergleicht konventionelle und videolaryngoskopische Intubation (Macintosh-Spatel vs. GlideScope®) in Bezug auf die Reklination bei freier, nicht immobilisierter Halswirbelsäule. Hierbei wurde erstmals eine noninvasive Messmethode der Reklinationsbewegung unter Intubation angewandt.

Methode: Es wurde eine klinische, prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie an 60 Patienten mit elektiven Allgemeinanästhesien (Mallampati 1-3) durchgeführt. Intubiert wurde mittels konventioneller Laryngoskopie (Macintosh) ($N_{\text{Mac}}=30$) oder Videolaryngoskopie (GlideScope®) ($N_{\text{GS}}=30$). Mittels Videomotionanalyse (seitliche Videoaufzeichnung bei Intubation) wurde die maximale Winkeländerung an markierten anatomischen Fixpunkten vermessen. Zielgrößen waren die maximalen Reklinationswinkel der Winkel Alpha (Hauptwinkel), Beta, Gamma und Delta unter Berücksichtigung von Berufs- und Methodenerfahrung sowie die erfolgreiche Intubation. Die Winkeldifferenzen beider Gruppen wurden mittels U-Test verglichen.

Ergebnisse: Die Winkeldifferenz des Hauptwinkels Alpha (Winkelbildung durch eine Gerade zwischen den Fixpunkten: Processus mastoideus, Os frontale (Glabella) und einer Referenzgeraden des digitalen Bildrasters) war im Median in der Testgruppe GlideScope® ($11,8^\circ$) kleiner als in der Kontrollgruppe Macintosh mit $14,3^\circ$ ($p=0,045$), die Maximalwerte betrugen $19,2^\circ$ (GS) vs. $29,3^\circ$ (Mac). In Gruppe GS erzielten Anästhesisten mit GlideScope®-Vorerfahrung signifikant geringere Winkeldifferenzen ($\alpha=10,3^\circ$ vs. $12,8^\circ$, $p=0,019$). Bei 3 (10%) Patienten der Mac-Gruppe erfolgte bei unmöglicher konventioneller Intubation ein Wechsel auf Videolaryngoskopie. Die Ergebnisse von Reklinationswinkel Delta bestätigten die Ergebnisse des Hauptwinkels, die weiteren Reklinationswinkel konnten dies leider nicht zeigen.

Schlussfolgerung: Mittels Videolaryngoskopie kann die Reklination bei der Intubation bei möglichem Halswirbelsäulentrauma signifikant reduziert werden, eine Vorerfahrung mit der Technik verbessert diese Werte zusätzlich.

6.2 Englische Zusammenfassung

Objective: Unconscious patients with severe trauma often require urgent endotracheal intubation. During intubation of trauma victims with possible cervical spine injury any movement of head and neck should be avoided. The use of the modern videolaryngoscopy is up-to-date controversially discussed in this connection. This study investigated the influence of videolaryngoscopy with GlideScope® on cervical spine movement during intubation compared with conventional laryngoscopy in anesthetized patients with unsecured cervical spine. A noninvasive measuring method was used for the first time.

Methods: Therefore a clinical, prospective, randomized, controlled study with 60 patients with general anaesthetics (Mallampati 1-3) was carried out. After induction of anaesthesia intubation was performed either with videolaryngoscopy (GlideScope®) ($N_{\text{Mac}}=30$) or conventional laryngoscopy (Macintosh) ($N_{\text{Mac}}=30$). Using a videomotion analysis with a lateral view the maximum extension angle Alpha (main angle), Beta, Gamma and Delta were detected referring to defined anatomical points. Maximum extension angle and successful intubation were measured depending on professional experience and method experience. Maximum angle deviation was measured and analyzed using Mann Whitney U-test.

Results: Maximum deviation of mean angle Alpha (angle between baseline and a line drawn from Processus mastoideus to Os frontale; Glabella) was 11.8° in the videolaryngoscope group and 14.3° in the conventional group ($p=0.045$), with a maximum of 19.2° (videolaryngoscopy) vs. 29.3° (conventional). Intubation by physicians experienced in videolaryngoscopy was associated with reduced angle deviation ($\alpha=10.3^\circ$) compared to inexperienced (12.8° , $p = 0.019$). In three patients randomized to the conventional group (10%) conventional intubation failed but could be successfully performed using videolaryngoscopy. The results of angle delta confirmed the results of the main angle Alpha, but unfortunately the further angle Beta and Gamma could not show this result.

Conclusion: Videolaryngoscopy reduces movement of cervical spine in patients with unsecured cervical spine and therefore might reduce the risk of secondary damage during emergency intubation of patients with cervical spine trauma.

7 Anhang

7.1 Ergebnistabelle

Tabelle 5: Zusammenfassung; maximale Reklinationswinkel der einzelnen Gruppen

Gruppe:	maximale Reklinationswinkel:			
Hauptgruppe gesamt (n 30/30)	Alpha	Delta	Beta	Gamma
Median GS	11,83°	0,95°	2,02°	0,97°
Median Mac	14,26°	1,67°	2,37°	0,98°
U-Test Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,044	0,005	0,232	0,099
Mittelwert GS	10,79° ± 4,39°	1,41° ± 1,42°	2,45° ± 2,14°	1,01° ± 0,93°
Mittelwert Mac	14,56° ± 6,24°	2,25° ± 1,45	3,32° ± 2,83°	1,42° ± 1,11°
T-Test Signifikanz (2-seitig)	0,009	0,026	0,181	0,127
Subgruppe GS experience (n 12/18)	Alpha	Delta	Beta	Gamma
Median GS low experience	12,78°	1,62°	1,83°	0,79°
Median GS more experience	10,28°	0,87°	2,23°	0,97°
U-Test Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,019	0,095	0,654	0,639
Mittelwert low experience (mean ± SD)	13,14° ± 3,51°	2,08° ± 1,92°	2,66° ± 1,92°	1,03° ± 1,12°
Mittelwert more experience (mean ± SD)	9,23° ± 4,30°	0,96° ± 0,73°	2,30° ± 0,73°	1,00° ± 0,82°
T-Test Signifikanz (2-seitig)	0,011	0,032	0,659	0,938
Subgruppe GS Berufserfahrung (n 12/18)	Alpha	Delta	Beta	Gamma
Median GS <2Jahre	11,94°	0,62°	1,59°	0,78°
Median GS >2Jahre	11,83°	1,18°	2,23°	0,97°
U-Test Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,983	0,215	0,421	0,892
Mittelwert <2Jahre (mean ± SD)	10,70° ± 5,10°	1,54° ± 2,07°	1,99° ± 1,64°	1,05° ± 1,05°
Mittelwert >2Jahre (mean ± SD)	10,85° ± 4,01°	1,32° ± 0,81°	2,75° ± 2,42°	0,99° ± 0,88°
T-Test Signifikanz (2-seitig)	0,931	0,736	0,310	0,869
Subgruppe Mac Berufserfahrung (n 9/21)	Alpha	Delta	Beta	Gamma
Median Mac <2Jahre	15,62°	1,55°	3,44°	1,21°
Median Mac >2Jahre	11,50°	1,77°	2,00°	0,87°
U-Test Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,859	0,563	0,504	0,689
Mittelwert <2Jahre (mean ± SD)	14,01° ± 5,24°	1,90° ± 1,12°	3,14° ± 1,41°	1,64° ± 1,48°
Mittelwert >2Jahre (mean ± SD)	14,79° ± 6,73°	2,40° ± 1,57°	3,40° ± 3,28°	1,33° ± 0,94°
T-Test Signifikanz (2-seitig)	0,734	0,335	0,756	0,585

7.2 Literaturverzeichnis

1. **Agro F, Barzoi G, and Montecchia F.** Tracheal intubation using a Macintosh laryngoscope or a GlideScope in 15 patients with cervical spine immobilization. *Br J Anaesth* 90: 705-706, 2003.
2. **Alker GJ, Oh YS, Leslie EV, Lehotay J, Panaro VA, and Eschner EG.** Postmortem radiology of head neck injuries in fatal traffic accidents. *Radiology* 114: 611-617, 1975.
3. **Aprahamian C, Thompson BM, Finger WA, and Darin JC.** Experimental cervical spine injury model: evaluation of airway management and splinting techniques. *Ann Emerg Med* 13: 584-587, 1984.
4. **Arbogast KB, Gholve PA, Friedman JE, Maltese MR, Tomasello MF, and Dormans JP.** Normal cervical spine range of motion in children 3-12 years old. *Spine* 32: E309-315, 2007.
5. **Bathory I, Frascarolo P, Kern C, and Schoettker P.** Evaluation of the GlideScope for tracheal intubation in patients with cervical spine immobilisation by a semi-rigid collar. *Anaesthesia* 64: 1337-1341, 2009.
6. **Benjamin FJ, Boon D, and French RA.** An evaluation of the GlideScope, a new video laryngoscope for difficult airways: a manikin study. *Eur J Anaesthesiol* 23: 517-521, 2006.
7. **Bonhomme V, and Hans P.** Management of the unstable cervical spine: elective versus emergent cases. *Curr Opin Anaesthesiol* 22: 579-585, 2009.
8. **Brimacombe J, Keller C, Kunzel KH, Gaber O, Boehler M, and Puhlinger F.** Cervical spine motion during airway management: a cinefluoroscopic study of the posteriorly destabilized third cervical vertebrae in human cadavers. *Anesth Analg* 91: 1274-1278, 2000.
9. **Bucholz RW, Burkhead WZ, Graham W, and Petty C.** Occult cervical spine injuries in fatal traffic accidents. *J Trauma* 19: 768-771, 1979.
10. **Bulgheroni MV, Antonaci F, Ghirmai S, Sandrini G, Nappi G, and Pedotti A.** A 3D kinematic method for evaluating voluntary movements of the cervical spine in humans. *Funct Neurol* 13: 239-245, 1998.
11. **Byhahn C, Meininger D, Walcher F, Hofstetter C, and Zwissler B.** Prehospital emergency endotracheal intubation using the Bonfils intubation fiberscope. *Eur J Emerg Med* 14: 43-46, 2007.
12. **Chesnut RM, Marshall LF, Klauber MR, Blunt BA, Baldwin N, Eisenberg HM, Jane JA, Marmarou A, and Foulkes MA.** The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. *J Trauma* 34: 216-222, 1993.

13. **Ching RP, Watson NA, Carter JW, and Tencer AF.** The effect of post-injury spinal position on canal occlusion in a cervical spine burst fracture model. *Spine* 22: 1710-1715, 1997.
14. **Chiu WC, Haan JM, Cushing BM, Kramer ME, and Scalea TM.** Ligamentous injuries of the cervical spine in unreliable blunt trauma patients: incidence, evaluation, and outcome. *J Trauma* 50: 457-463; discussion 464, 2001.
15. **Cooper RM, Pacey JA, Bishop MJ, and McCluskey SA.** Early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope) in 728 patients. *Can J Anaesth* 52: 191-198, 2005.
16. **Cormack RS, and Lehane J.** Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 39: 1105-1111, 1984.
17. **Crosby ET.** Airway management in adults after cervical spine trauma. *Anesthesiology* 104: 1293-1318, 2006.
18. **Crosby ET.** Tracheal intubation in the cervical spine-injured patient. *Can J Anaesth* 39: 105-109, 1992.
19. **Crosby ET, and Lui A.** The adult cervical spine: implications for airway management. *Can J Anaesth* 37: 77-93, 1990.
20. **Demetriades D, Charalambides K, Chahwan S, Hanpeter D, Alo K, Velmahos G, Murray J, and Asensio J.** Nonskeletal cervical spine injuries: epidemiology and diagnostic pitfalls. *J Trauma* 48: 724-727, 2000.
21. **Descarreaux M, Blouin JS, and Teasdale N.** A non-invasive technique for measurement of cervical vertebral angle: report of a preliminary study. *Eur Spine J* 12: 314-319, 2003.
22. **Donaldson WF, 3rd, Heil BV, Donaldson VP, and Silvaggio VJ.** The effect of airway maneuvers on the unstable C1-C2 segment. A cadaver study. *Spine* 22: 1215-1218, 1997.
23. **Doolan LA, and O'Brien JF.** Safe intubation in cervical spine injury. *Anaesth Intensive Care* 13: 319-324, 1985.
24. **Echeverri M, Tur A, Dese J, and Marcelo S.** [GlideScope video laryngoscope intubation of a patient with ankylosing spondylitis]. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 54: 576-577, 2007.
25. **Enomoto Y, Asai T, Arai T, Kamishima K, and Okuda Y.** Pentax-AWS, a new videolaryngoscope, is more effective than the Macintosh laryngoscope for tracheal intubation in patients with restricted neck movements: a randomized comparative study. *Br J Anaesth* 100: 544-548, 2008.

26. **Enomoto Y, Shimizu K, Hashimoto Y, Kamishima K, Arai T, Inoue H, Asai T, and Okuda Y.** [Comparison of the Pentax-AWS and Fineview video laryngoscopes in the ease of laryngoscopy in 50 patients]. *Masui* 57: 1498-1501, 2008.
27. **Fuchs G, Schwarz G, Baumgartner A, Kaltenbock F, Voit-Augustin H, and Planinz W.** Fiberoptic intubation in 327 neurosurgical patients with lesions of the cervical spine. *J Neurosurg Anesthesiol* 11: 11-16, 1999.
28. **Goldberg W, Mueller C, Panacek E, Tigges S, Hoffman JR, and Mower WR.** Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Ann Emerg Med* 38: 17-21, 2001.
29. **Hachen HJ.** Idealized care of the acutely injured spinal cord in Switzerland. *J Trauma* 17: 931-936, 1977.
30. **Hackl W, Hausberger K, Sailer R, Ulmer H, and Gassner R.** Prevalence of cervical spine injuries in patients with facial trauma. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 92: 370-376, 2001.
31. **Heath KJ.** The effect of laryngoscopy of different cervical spine immobilisation techniques. *Anaesthesia* 49: 843-845, 1994.
32. **Holly LT, Kelly DF, Counelis GJ, Blinman T, McArthur DL, and Cryer HG.** Cervical spine trauma associated with moderate and severe head injury: incidence, risk factors, and injury characteristics. *J Neurosurg* 96: 285-291, 2002.
33. **Horton WA, Fahy L, and Charters P.** Disposition of cervical vertebrae, atlanto-axial joint, hyoid and mandible during x-ray laryngoscopy. *Br J Anaesth* 63: 435-438, 1989.
34. **Jofe MH, White AA, and Panjabi MM.** Clinically relevant kinematics of the cervical spine. edited by Society CSR. Philadelphia: JB Lippincott, 1989, p. 57-69.
35. **Kapp JP.** Endotracheal intubation in patients with fractures of the cervical spine. Technical note. *J Neurosurg* 42: 731-732, 1975.
36. **Karlqvist LK, Bernmark E, Ekenvall L, Hagberg M, Isaksson A, and Rosto T.** Computer mouse position as a determinant of posture, muscular load and perceived exertion. *Scand J Work Environ Health* 24: 62-73, 1998.
37. **Kim HJ, Chung SP, Park IC, Cho J, Lee HS, and Park YS.** Comparison of the GlideScope video laryngoscope and Macintosh laryngoscope in simulated tracheal intubation scenarios. *Emerg Med J* 25: 279-282, 2008.
38. **Kim JT, Na HS, Bae JY, Kim DW, Kim HS, Kim CS, and Kim SD.** GlideScope video laryngoscope: a randomized clinical trial in 203 paediatric patients. *Br J Anaesth* 101: 531-534, 2008.

39. **Kwan I, Bunn F, and Roberts I.** Spinal immobilisation for trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev* CD002803, 2001.
40. **Lennarson PJ, Smith D, Todd MM, Carras D, Sawin PD, Brayton J, Sato Y, and Traynelis VC.** Segmental cervical spine motion during orotracheal intubation of the intact and injured spine with and without external stabilization. *J Neurosurg* 92: 201-206, 2000.
41. **Lennarson PJ, Smith DW, Sawin PD, Todd MM, Sato Y, and Traynelis VC.** Cervical spinal motion during intubation: efficacy of stabilization maneuvers in the setting of complete segmental instability. *J Neurosurg* 94: 265-270, 2001.
42. **Liang BA, Cheng MA, and Tempelhoff R.** Efforts at intubation: cervical injury in an emergency circumstance? *J Clin Anesth* 11: 349-352, 1999.
43. **Lim HC, and Goh SH.** Utilization of a Glidescope videolaryngoscope for orotracheal intubations in different emergency airway management settings. *Eur J Emerg Med* 16: 68-73, 2009.
44. **Lim TJ, Lim Y, and Liu EH.** Evaluation of ease of intubation with the GlideScope or Macintosh laryngoscope by anaesthetists in simulated easy and difficult laryngoscopy. *Anaesthesia* 60: 180-183, 2005.
45. **Maharaj CH, Buckley E, Harte BH, and Laffey JG.** Endotracheal intubation in patients with cervical spine immobilization: a comparison of macintosh and airtraq laryngoscopes. *Anesthesiology* 107: 53-59, 2007.
46. **Majernick TG, Bieniek R, Houston JB, and Hughes HG.** Cervical spine movement during orotracheal intubation. *Ann Emerg Med* 15: 417-420, 1986.
47. **Malik MA, Maharaj CH, Harte BH, and Laffey JG.** Comparison of Macintosh, Truview EVO2, Glidescope, and Airwayscope laryngoscope use in patients with cervical spine immobilization. *Br J Anaesth* 101: 723-730, 2008.
48. **Manoach S, and Paladino L.** Manual in-line stabilization for acute airway management of suspected cervical spine injury: historical review and current questions. *Ann Emerg Med* 50: 236-245, 2007.
49. **Mulder DS, Wallace DH, and Woolhouse FM.** The use of the fiberoptic bronchoscope to facilitate endotracheal intubation following head and neck trauma. *J Trauma* 15: 638-640, 1975.
50. **Nakstad AR, and Sandberg M.** The GlideScope Ranger video laryngoscope can be useful in airway management of entrapped patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 53: 1257-1261, 2009.

51. **Nasim S, Maharaj CH, Malik MA, J OD, Higgins BD, and Laffey JG.** Comparison of the Glidescope and Pentax AWS laryngoscopes to the Macintosh laryngoscope for use by advanced paramedics in easy and simulated difficult intubation. *BMC Emerg Med* 9: 9, 2009.
52. **Nolan JP, and Wilson ME.** Orotracheal intubation in patients with potential cervical spine injuries. An indication for the gum elastic bougie. *Anaesthesia* 48: 630-633, 1993.
53. **Nouruzi-Sedeh P, Schumann M, and Groeben H.** Laryngoscopy via Macintosh blade versus GlideScope: success rate and time for endotracheal intubation in untrained medical personnel. *Anesthesiology* 110: 32-37, 2009.
54. **Prasad VS, Schwartz A, Bhutani R, Sharkey PW, and Schwartz ML.** Characteristics of injuries to the cervical spine and spinal cord in polytrauma patient population: experience from a regional trauma unit. *Spinal Cord* 37: 560-568, 1999.
55. **Robitaille A, Williams SR, Tremblay MH, Guilbert F, Theriault M, and Drolet P.** Cervical spine motion during tracheal intubation with manual in-line stabilization: direct laryngoscopy versus GlideScope videolaryngoscopy. *Anesth Analg* 106: 935-941, table of contents, 2008.
56. **Samsoon GL, and Young JR.** Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia* 42: 487-490, 1987.
57. **Santoni BG, Hindman BJ, Puttlitz CM, Weeks JB, Johnson N, Maktabi MA, and Todd MM.** Manual in-line stabilization increases pressures applied by the laryngoscope blade during direct laryngoscopy and orotracheal intubation. *Anesthesiology* 110: 24-31, 2009.
58. **Savoldelli GL, Schiffer E, Abegg C, Baeriswyl V, Clergue F, and Waeber JL.** Comparison of the Glidescope, the McGrath, the Airtraq and the Macintosh laryngoscopes in simulated difficult airways*. *Anaesthesia* 63: 1358-1364, 2008.
59. **Savoldelli GL, Schiffer E, Abegg C, Baeriswyl V, Clergue F, and Waeber JL.** Learning curves of the Glidescope, the McGrath and the Airtraq laryngoscopes: a manikin study. *Eur J Anaesthesiol* 26: 554-558, 2009.
60. **Sawin PD, Todd MM, Traynelis VC, Farrell SB, Nader A, Sato Y, Clausen JD, and Goel VK.** Cervical spine motion with direct laryngoscopy and orotracheal intubation. An in vivo cinefluoroscopic study of subjects without cervical abnormality. *Anesthesiology* 85: 26-36, 1996.
61. **Serocki G, Bein B, Scholz J, and Dorges V.** Management of the predicted difficult airway: a comparison of conventional blade laryngoscopy with video-assisted blade laryngoscopy and the GlideScope. *Eur J Anaesthesiol* 27: 24-30, 2010.

62. **Sforza C, Grassi G, Fragnito N, Turci M, and Ferrario V.** Three-dimensional analysis of active head and cervical spine range of motion: effect of age in healthy male subjects. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 17: 611-614, 2002.
63. **Sun DA, Warriner CB, Parsons DG, Klein R, Umedaly HS, and Moulton M.** The GlideScope Video Laryngoscope: randomized clinical trial in 200 patients. *Br J Anaesth* 94: 381-384, 2005.
64. **Thiboutot F, Nicole PC, Trepanier CA, Turgeon AF, and Lessard MR.** Effect of manual in-line stabilization of the cervical spine in adults on the rate of difficult orotracheal intubation by direct laryngoscopy: a randomized controlled trial. *Can J Anaesth* 56: 412-418, 2009.
65. **Trauma ACoSCo.** Advance Trauma Life Support Manual. In: *American College of Surgeons*. Chicago: 1984.
66. **Turkstra TP, Craen RA, Pelz DM, and Gelb AW.** Cervical spine motion: a fluoroscopic comparison during intubation with lighted stylet, GlideScope, and Macintosh laryngoscope. *Anesth Analg* 101: 910-915, table of contents, 2005.
67. **Turner CR, Block J, Shanks A, Morris M, Lodhia KR, and Gujar SK.** Motion of a cadaver model of cervical injury during endotracheal intubation with a Bullard laryngoscope or a Macintosh blade with and without in-line stabilization. *J Trauma* 67: 61-66, 2009.
68. **Walls RM.** Airway management in the blunt trauma patient: how important is the cervical spine? *Can J Surg* 35: 27-30, 1992.
69. **Wayne MA, and McDonnell M.** Comparison of traditional versus video laryngoscopy in out-of-hospital tracheal intubation. *Prehosp Emerg Care* 14: 278-282, 2010.
70. **White AA, 3rd, Johnson RM, Panjabi MM, and Southwick WO.** Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res* 85-96, 1975.
71. **Wong DM, Prabhu A, Chakraborty S, Tan G, Massicotte EM, and Cooper R.** Cervical spine motion during flexible bronchoscopy compared with the Lo-Pro GlideScope. *Br J Anaesth* 102: 424-430, 2009.
72. **Wu SK, Lan HH, Kuo LC, Tsai SW, Chen CL, and Su FC.** The feasibility of a video-based motion analysis system in measuring the segmental movements between upper and lower cervical spine. *Gait Posture* 26: 161-166, 2007.

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Halswirbelsäulenbewegung und Poisson Effekt, bearbeitete Abbildung Nr. 5 aus Airway management in adults after cervical spine trauma Anesthesiology. 2006 Jun;104(6):1293-318. © ET.Crosby

Abbildung 2: Einfluss der direkten Laryngoskopie und endotrachealer Intubation auf die Halswirbelsäulenbewegung, bearbeitete Abbildung Nr. 6 aus Airway management in adults after cervical spine trauma Anesthesiology. 2006 Jun;104(6):1293-318. © ET.Crosby

Abbildung 3: Übersicht Videolaryngoskop GlideScope® mit patentierter 60° Krümmung und passendem Führungsstab GlideRite® Rigid Stylet aus Product Information © 2008 Verathon Inc.

Abbildung 4: Bilderfolge aus einem Originalvideo eines Intubationsvorgangs mittels Videolaryngoskopie GlideScope®, OP am Universitätsklinikum Marburg, © C.Kill

Abbildung 5: Originalaufnahme Setting präklinische videolaryngoskopische Intubation mittels GlideScope Ranger® bei einem Patienten unter Spontanatmung im Notarzteinsatzdienst, Rettungsdienst Mittelhessen, © C.Kill

Abbildung 6: Skizze Versuchsaufbau / Videomesseinheit; das Setting in der OP-Einleitung © J.Riße

Abbildung 7: Überblick der Markierungen an der Hautoberfläche bestimmter Strukturen im Kopf-Hals-Bereich © J.Riße

Abbildung 8: Beispiel Intubation GlideScope® Messung Winkel Alpha Originalaufnahmen © J.Riße

Abbildung 9: Beispiel Intubation GlideScope® Messung Winkel Alpha verblindet; gleiche Aufnahmen geschwärzt © J.Riße

Abbildung 10: Beispiel Messung Winkel Alpha Testgruppe (GlideScope®); li. Neutralposition & re. Maximalreklinatation © J.Riße

Abbildung 11: Beispiel Messung Winkel Alpha Kontrollgruppe (Macintosh); li. Neutralposition & re. Maximalreklinatation © J.Riße

Abbildung 12: Flow Chart Studienablauf © J.Riße

Abbildung 13: Überblick Gesamtverteilung Geschlecht / Alter / BMI der Studienpopulation © J.Riße

Abbildung 14: Boxplot und Streudiagramm Intubationsdauer Testgruppe (grün) / Kontrollgruppe (rot) © J.Riße

Abbildung 15: geclustertes Säulendiagramm der erzielten Winkeldifferenzen von Winkel Alpha © J.Riße

Abbildung 16: empirische Verteilungsfunktion, kumulierte relative Häufigkeit Winkeldifferenz von Winkel Alpha in der Testgruppe GlideScope® und in der Kontrollgruppe Macintosh © J.Riße

Abbildung 17: gruppierter Boxplot Zusammenfassung der Ergebnisse von Hauptwinkel Alpha © J.Riße

Abbildungen 18/19/21: Originalaufnahmen einer präklinischen Intubation einer polytraumatisierten Patientin mit vermutetem HWS-Trauma mittels GlideScope Ranger® unter HWS-Immobilisierung (O2-Insufflation / Maskenbeatmung / Intubation) im Notarzteinsatzdienst, Rettungsdienst Mittelhessen, © C.Kill

Abbildung 20: dazugehörige Bilderfolge aus dem Originalvideo der videolaryngoskopischen Intubation mittels GlideScope Ranger® unter HWS-Immobilisierung der polytraumatisierten Patientin im Notarzteinsatzdienst, Rettungsdienst Mittelhessen, © C.Kill

7.4 Lebenslauf



Persönliche Daten:

Geburtsdatum: 23. Januar 1981
Geburtsort: Bonn-Beuel
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig
Eltern: Prof. Dr. Günter Riße, Hochschullehrer
Heike Riße, Angestellte im öffentlichen Dienst

Beruf

seit 1. Dezember 2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Assistenzarzt an der
Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH
- Standort Marburg -
Direktor Prof. Dr. H. Wulf

Studium

10/2003 bis 11/ 2009 Humanmedizin an der Philipps-Universität Marburg

19.November 2009 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung:
Note „gut (2,0)“
schriftlich: „befriedigend“, mündlich: „sehr gut“

8. September 2005 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung:
Note „gut (2,0)“
schriftlich: „gut“, mündlich: „gut“

Praktisches Jahr

08/2008 bis 12/2008 Anästhesie, Universitätsklinikum Marburg
Leitung: Prof. Dr. H. Wulf

12/2008 bis 03/2009 Chirurgie, Universitätsklinikum Marburg
Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Leitung: Prof. Dr. S. Ruchholtz
Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie
Leitung: Prof. Dr. D. K. Bartsch

04/2009 bis 07/2009 Innere Medizin, Universitätsklinikum Marburg
Zentrale Internistische Notaufnahme
Leitender OA: PD Dr. H. Printz
Nephrologie
Leitung: Prof. Dr. J. Hoyer

Berufsausbildung

07/2001 bis 08/2003	Staatlich anerkannte Rettungsassistentenschule Malteser Hilfsdienst, Bonn Staatliche Abschlussprüfung: Note „gut (2,0)“ Rettungsassistent im Praktikum beim Malteser Hilfsdienst e.V. Köln (Lehrrettungswache: Feuerwache I der Stadt Köln)
14. August 2003	Berufsbezeichnung: „Rettungsassistent“

Berufserfahrung

seit 09/ 2003	Aushilfe als Rettungsassistent beim Malteser Hilfsdienst e.V. Einsatz auf den Feuer- und Rettungswachen der Stadt Köln; jährliche Teilnahme an Fort- und Weiterbildung bei der Berufsfeuerwehr / Malteser Hilfsdienst, Köln (incl. ALS u. ATLS, Megacodetraining Köln)
---------------	---

Famulaturen und Praktika

20.08.07 – 20.09.07	Famulatur – Universitätsklinikum Marburg, HNO-Heilkunde (CA Prof. Dr. J. A. Werner)
15.03.07 – 15.04.07	Famulatur – Johanniter Krankenhaus Bonn, Gynäkologie und Geburtshilfe (CA Prof. Dr. U. J. Göhring)
11.09.06 – 11.10.06	Famulatur – Chirurgische Gemeinschaftspraxis Bonn, (FA für Chirurgie u. D-Arzt B. Hengstermann, FÄ für Chirurgie u. Handchirurgie Dr. M. Soltani)
06.03.06 – 06.04.06	Famulatur – St. Petrus Krankenhaus Bonn, Kardiologie (CA PD. Dr. L. Pizzulli)
07/2001 bis 08/2003	Klinikpraktika – insgesamt 420 Std. im Rahmen der Ausbildung zum Rettungsassistenten am: Universitätsklinikum Bonn, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin Gemeinschaftskrankenhaus St. Elisabeth, St. Petrus, gGmbH Bonn, Anästhesie/ Intensivmedizin

Zivildienst

07/2000 bis 06/2001	Siloah Krankenhaus Pforzheim, Abteilung Chirurgie (Krankenpflege)
---------------------	---

Schule

1993 - 2000	Aloisiuskolleg, Gymnasium Bonn-Bad Godesberg Allgemeine Hochschulreife: Note „gut (2,5)“
1991 - 1993	Collegium Josephinum, Gymnasium Bonn
1987 - 1991	Grundschule, Bonn-Nord

7.5 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren:

Dr. Adamkiewicz, Marburg
Prof. Dr. Aumüller, Marburg
Prof. Dr. Barth, Marburg
Prof. Dr. Bartsch, Marburg
Prof. Dr. Dr. Basler, Marburg
Prof. Dr. Baum, Marburg
Prof. Dr. Czubayko, Marburg
Prof. Dr. Daut, Marburg
Prof. Dr. Dettmeyer, Marburg
Prof. Dr. Eberhart
Prof. Dr. Eilers, Marburg
Dr. Feuser, Marburg
Prof. Dr. Fuchs-Winkelmann, Marburg
PD Dr. Gerdes, Marburg
Prof. Dr. Göhring, Bonn
Dr. Grundmann, Marburg
Prof. Dr. Grzeschik, Marburg
Prof. Dr. Herrmann-Lingen, Marburg
Prof. Dr. Hertl, Marburg
Prof. Dr. Hilt, Marburg
Prof. Dr. Hoyer, Marburg
Dr. Jackowski-Dohrmann, Marburg
Prof. Dr. Jungclas, Marburg
Dr. Käuser, Marburg
Dr. Kill, Marburg
Prof. Dr. Klose, Marburg
Prof. Dr. Koolman, Marburg
Prof. Dr. Krieg, Marburg
Prof. Dr. Kroll, Marburg

Prof. Dr. Lang, Marburg
PD Dr. Lenz, Marburg
Prof. Dr. Lill, Marburg
Prof. Dr. Lohoff, Marburg
Prof. Dr. Maier, Marburg
Prof. Dr. Maisch, Marburg
Dr. Mandrek, Marburg
Prof. Dr. Moll, Marburg
Prof. Dr. Mueller, Marburg
Prof. Dr. Mutters, Marburg
Prof. Dr. Neubauer, Marburg
Prof. Dr. Oertel, Marburg
PD Dr. Pizzulli, Bonn
Prof. Dr. Plant, Marburg
PD Dr. Printz, Marburg
Prof. Dr. Renz, Marburg
Prof. Dr. Richter, Marburg
Prof. Dr. Röhm, Marburg
Prof. Dr. Röper, Marburg
Prof. Dr. Rothmund, Marburg
Prof. Dr. Ruchholtz, Marburg
Prof. Dr. Schäfer, Marburg
Dr. Schmidt, Marburg
Dr. Schrader, Marburg
Prof. Dr. Suske, Marburg
PD Dr. Tübesku, Marburg
Prof. Dr. Vogelmeier, Marburg
Prof. Dr. Wagner, Marburg
Prof. Dr. Werner, Marburg
Dr. Westermann, Marburg
Prof. Dr. Wulf, Marburg

7.6 Danksagung

Für meine Dissertation bin ich vielen Menschen dankbar. Besonders möchte ich zunächst meinem Betreuer Dr. Clemens Kill herzlich danken für die Überlassung des Themas, die Motivation, die ausgezeichnete und intensive Betreuung und all die zahlreichen Ratschläge, nicht nur die Dissertation betreffend. Zudem danke Ich meinem akademischen Lehrer und Doktorvater Prof. Dr. Hinnerk Wulf für die tatkräftige Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit, die Motivation für mein wissenschaftliches Arbeiten und nach meinem bestandenen Examen im November 2009 für die Aufnahme in sein Team an der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie am Uniklinikum Marburg. Ich freue mich auch weiterhin in der künftigen Ausbildung Teil seines Teams sein zu dürfen. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinen Mitdoktoranden und allen Mitarbeitern der Klinik bedanken, die bei der Durchführung der Studie mitgeholfen haben.

Vor allen Dingen danke ich letztendlich ganz herzlich meiner Familie und meinen Freunden, insbesondere meinen Eltern, meinen Geschwistern und meinen Großeltern, ohne diese ich heute nicht der wäre, der ich bin. Ohne deren Unterstützung wären weder diese Arbeit noch mein Medizinstudium möglich gewesen.

7.7 Widmung

In Dankbarkeit


Horst Pirch und Albert Risse

7.8 Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel: „Prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie zur Messung der Halswirbelsäulenreklinations bei der Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation mittels konventioneller Laryngoskopie und Videolaryngoskopie“ in der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie unter Leitung von Prof. Dr. med. Hinnerk Wulf mit Unterstützung durch Dr. med. Clemens Kill ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischen medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Vorliegende Arbeit wurde in folgenden Publikationsorganen veröffentlicht:

Postervortrag zum Thema bei der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, DAC, Leipzig 2009

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters, is written over a horizontal line.

Marburg, 2011 Joachim Riße